电脑学习机上机指导系列丛书之十

硬件与维修

于　春　刘克勇　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry

内 容 提 要

本书是电脑学习机上机指导系列丛书(共十册)的第十册。重点介绍了电脑学习机的主机、游戏控制器、外围电路、游戏卡、学习卡、键盘、磁带记录、打印机、常见故障分析与排除等。

书　　名:硬件与维修
著　　者:于春　刘克勇
责任编辑:施玉新
特约编辑:董　玲
印 刷 者:北京市顺义李史山胶印厂印刷
出版发行:电子工业出版社出版、发行　URL:http://www.phei.co.cn
北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036　发行部电话:68214070
经　　销:各地新华书店经销
开　　本:787×1092 1/32　印张:6.125　字数:132 千字
版　　次:1997 年 5 月第 1 版　1997 年 5 月第 1 次印刷
印　　数:5000 册
书　　号:ISBN 7-5053-3535-9/TP·1430
定　　价:8.50 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·翻印必究

前　言

家庭电视游戏业的发展，突飞猛进、一日千里。随着游戏机的普及，各种以任天堂系列 8 位游戏机为主机、配备键盘而构成的“普及型家庭电脑学习机”也迅速推出。目前生产厂已有三十余家，产品品种近百个。较有名的品牌有：中山小霸王、兰州金字塔、北京裕兴以及深、广一带的金钥匙、和声、科达、科特、美猴王、宏源、智源等，产品档次也已拉开了低、中、高三个级别。有关资料表明，目前我国电脑学习机的拥有量已逾 800 万台。

现在，学习机的功能日趋完善，实用性越来越强。除小霸王还继续维持其寓教于乐的游戏特点以外，各大生产厂家都向提高学习机的实用性进军。其工作系统已由从日本引进时的单一的 F BASIC（整数）语言发展到中文 BASIC（浮点）语言、LOGO 语言，汇编语言、中文编辑、文字处理等系统。就硬件来说，94 年初裕兴率先在其 YX4 型机上推出标准微机 101 键盘，随后和声、科达、金钥匙等立即推出了仿 101 键盘的产品，小霸王、金字塔也于 10 月份推出了仿 101 键盘的 586 和 9588 产品；金字塔在 94 年率先推出了外接中华机 140K 容量的 5·25 英寸软盘驱动器之后，95 年新春伊始裕兴又推出了与微机完全兼容的 3·5 英寸标准软驱。从应用软件来看，发展更加迅速，已推出了小学、中学乃至高中的各年级辅助教学软件，特别是裕兴推出的仿“金山北大 WPS6·0”的“裕兴 WPS 文字处理系统”，不仅操作与微机一致，而且文件可与微机相互交流。从而，使学习机的档次又升一级而迈进了电脑阶层，使它变成了名符其实的“家庭电脑”（Family Computer），

完全可以充当现代家庭管理、办公自动化管理的廉价微机。

为了使电脑初学者能够迅速入门，进而登堂入室。我们依据循序渐进的原则，编写了这一套丛书。本套丛书分：

操作入门
文字处理
游戏 BASIC 语言
中文 BASIC 语言
LOGO 语言
汇编语言
电脑作曲
电脑绘图
BASIC 语言程序集
硬件与维修

共十册。

本书是丛书的第十册。重点讨论了任天堂游戏机的主机、游戏控制器、射频调制器、游戏卡和电脑学习机的学习卡、键盘、打印接口、录音机接口等硬件电路的结构和工作原理。并阐述了录音机、打印机驱动程序等软件的结构和编程原理。最后一章讨论了电脑学习机常见故障的分析与检修，并给出了较详细的硬件维修技术资料。

本书内容详实，是电脑学习机硬件结构的珍贵资料。既适合初学者自学，也可作为电脑学习机硬件设计和电脑学习机应用软件编写的培训教材使用。

本书由苏子栋教授审定，在编写过程中，陈福荣、韩玉文、李观勇、于勇等同志作了大量的工作，在此一并表示感谢。

编　者

丛书学习说明

本丛书是面向电脑初学者的科学普及读物。丛书的编写结构安排，从初学者最易接受的角度开始，顺着初学者的学习兴趣循序渐进、逐步深入，引导初学者在不觉中步入电脑的殿堂。

丛书的前五册为基础篇，重点介绍了电脑基础知识、电脑学习机的选购常识以及键盘、软盘驱动器、打印机等微机外设的基础知识；常用汉字输入法和中文文字处理操作方法；F BASIC、中文 BASIC、LOGO 三种计算机语言的指令及编程方法。

丛书的后五册为提高篇，重点讨论了 6527CPU 工作系统的特点、汇编语言的指令及编程方法；音乐板、PLAY 指令、机器语言三种电脑作曲方法；键控、BASIC 指令、机器语言三种绘图方法；精选了 60 个 F BASIC、中文 BASIC 语言程序；最后讨论了电脑学习机的硬件结构原理和基本维修方法。

整套丛书内容连贯，但又独立成章。十本书读者可依序学习，也可在学习了丛书之一《操作入门》后，根据自己的兴趣和爱好挑选学习。如需要进行文字处理的用户，只要再学习丛书之二就可胜任。爱好音乐的朋友可继续学习丛书之七，就可令电脑演奏音乐。若要进一步提高品位，还须学习丛书之五，使用机器语言编程才能演奏美妙的旋律；电脑绘图爱好者，则要在丛书之三、之八上下功夫；许多朋友在学习了游戏 BASIC 语言后，想自己动手编写任天堂游戏程序及各种实用程序，那么丛书之九提供了各种类型的程序范例供你参考。

本丛书的撰写宗旨就是辅导读者掌握电脑的基础知识，有深造要求的朋友，请继续参阅任天堂游戏理论书籍《FBAISC 语言与编程技巧》、《电脑游戏机硬件与编程特技》、《任天堂游戏编程探密》。

目　录

第一章　主机 …… (1)

第一节　6527 中央处理器 …… (1)
第二节　6528 图象处理器 …… (4)
第三节　6116 随机存储器 …… (8)
第四节　CPU 工作电路 …… (10)
第五节　PPU 工作电路 …… (12)
第六节　接口电路 …… (15)
第七节　6561 单片机 …… (18)

第二章　游戏控制器 …… (20)

第一节　操纵器电路原理 …… (20)
第二节　典型机操纵器电路 …… (27)
第三节　光电枪电路原理 …… (31)
第四节　光电枪游戏编程 …… (36)

第三章　外围电路 …… (43)

第一节　时钟电路 …… (43)
第二节　射频调制电路 …… (46)
第三节　制式转换电路 …… (52)
第四节　电源电路 …… (56)

第四章　游戏卡 …… (58)

第一节　低档单节目游戏卡 …… (59)

第二节　存储体空间切换 …… (61)
第三节　高档单节目游戏卡 …… (63)
第四节　低 K 节目合卡 …… (68)
第五节　高 K 节目合卡 …… (87)
第六节　其它游戏合卡的结构 …… (91)
第七节　游戏软件的加密 …… (110)

第五章　学习卡 …… (120)

第一节　金字塔 9488 的学习卡 …… (120)
第二节　小霸王 486 学习卡 …… (123)
第三节　裕兴 V8 学习卡 …… (124)

第六章　键盘 …… (126)

第一节　键盘矩阵 …… (126)
第二节　键盘接口 …… (127)
第三节　键盘扫描 …… (132)

第七章　磁带记录 …… (136)

第一节　磁带记录与信号格式 …… (136)
第二节　信息存取处理程序 …… (138)

第八章　打印机 …… (148)

第一节　打印机接口电路 …… (148)
第二节　打印驱动程序 …… (151)

第九章　常见故障分析与排除 …… (155)

第一节　新机故障分析表 …… (155)
第二节　检修流程图 …… (156)
第三节　检修资料 …… (161)

第四节　数字电路测试笔 …… (172)
第五节　主机常见故障分析与排除 …… (175)
第六节　操纵器常见故障分析与排除 …… (181)

第一章　主　　机

电脑学习机的主机就是任天堂游戏机的主机，早期的产品主要由 6527 系列 CPU、6528 系列 PPU、6116 静态随机存储器(2 个)、双二线 4 线译码器 74LS139、8 位地址锁存器 74LS373、6 反相器 CD4069 和 6 总线驱动器(反相、三态、两组控制)74LS368(2 个)共 9 块集成电路以及电源、时钟、操纵器和功能扩充接口等电路组成。为压缩体积、减小功耗、降低成本，人们又把 9 块集成电路集成在一块硅片上，制出了 6561 系列的单片主机电路。通常把早期产品称为 9 片机，把 6561 称为单片机。两种类型的主机除结构不同、内部连接电路不同外，其工作原理、外部操作和功能都是完全相同的。

本章将以 9 片机为主，介绍任天堂游戏机主机的电路结构及工作原理。

第一节　6527 中央处理器

电脑学习机所使用的中央处理器——CPU，尽管因生产厂家不同、型号差异较大，但都属于 65 系列的微处理器。它们都有八条数据线、十六条地址线，具有 64K 直接寻址能力，采用单一的+5V 电源。

一、CPU 型号对照表

任天堂、小天才系列游戏机的 CPU 型号对照情况见表 1

—1。

表 1—1　电脑游戏机 CPU 型号对照表

机　　型	CPU	时 钟 频 率	相同功能的 CPU 型号
任天堂 天 马	6527 6527	21.251465MHz 或 21.47727MHz	87007、6005H、KD841、 2A03、KD840
小天才 胜天、科特	6527P 6527P	26.601712MHz 26.601712MHz	87007P、6540、2A03E、 P02、2B03、MG-P-502

二、6527CPU 各引脚的排列及功能

1. 6527CPU 的引脚排列

6527 与 6527P 除时钟频率不同外，其它都相同。各引脚名称如图 1—1 所示。

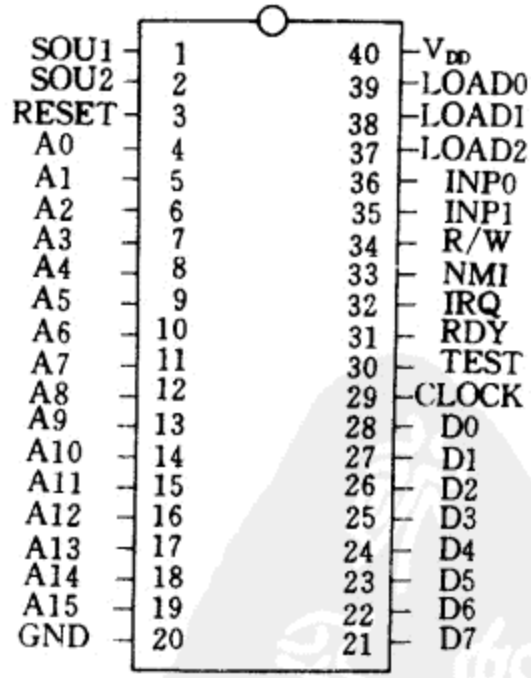


图 1—1　6527CPU 引脚排列图

2. 6527CPU 各引脚功能简介

·1 脚(SOU1):第一模拟音频信号输出端。

·2 脚(SOU2):第二模拟音频信号输出端。

·3 脚(RESET):复位信号输入端,低电平有效。可令CPU 结束当前的工作而返回到开机时的状态。

·4～19 脚(A0～A15):CPU 的 16 位地址线,由它组成地址总线(ADD BUS),最大寻址能力为 64K 字节。地址总线在系统内对随机存储器 RAM、图象处理器 PPU、系统软件 ROM 进行寻址,以取出需要的信息进行运算处理、把运算结果送入 RAM 暂时保存、需要时再读出。

其中,加于 RAM 的地址线为 A0～A10 共 11 条,可寻址 2K 字节;A0～A2 作为 CPU 与 PPU 通讯的地址线;A0～A14 共 15 根地址线作为 ROM 的输入地址线,可寻址 32K 字节,用于读取系统软件。

另外,CPU 的高位地址线 A13～A15 与 RDY 还作为双二线四线译码器(74LS139)的输入信号,经译码后转换成 1Y0、1Y1、2Y3 信号,作为片选信号分别选通 RAM、PPU、和 ROM。

·20 脚(GND):地线端。

·21～28 脚(D0～D7):D0～D7 是 CPU 的八位输入、输出数据总线。RAM、PPU、ROM 和输入电路均与数据总线挂钩,CPU 与它们交换信息时,就是通过该数据线传递的。数据总线可工作在输入方式或输出方式,这由 CPU 的 R/W(读/写)信号决定。

·29 脚(CLOCK):时钟信号输入端。由晶体振荡器产生频率为 21～27MHz 的时钟脉冲由此脚输入。

·30 脚(TEST):测试端。生产厂家测试用,正常工作中该端接地。

·31 脚(RDY):总线准备好信号输出端,低电平有效。

·32 脚(IRQ):可屏蔽中断请求信号输出端,低电平有效。

·33 脚(NMI):非屏蔽中断信号输入端,低电平有效。

·34 脚(R/W):读、写 RAM、ROM、PPU 信息的控制信号输出端。由它决定数据总线上信息传输的方向。

·35 脚(INP1):Ⅱ#操纵器控制信号输出端。

·36 脚(INP0):Ⅰ#操纵器控制信号输出端。

INP0、INP1 信号低电平有效,为高电平时,输入电路与数据总线脱离。

·37 脚(LOAD2):加载控制信号输出端。

·38 脚(LOAD1):加载控制信号输出端。

·39 脚(LOAD0):加载控制信号输出端。

当 CPU 访问输入、输出设备(操纵器Ⅰ、Ⅱ、键盘、光电枪、打印机、软盘驱动器等外设)时,由该端输出加载信号选通外设。

·40 脚(VDI):电源输入端(+5V)。

第二节 6528 图象处理器

一、6528PPU 型号对照表

同 6527 中央处理器一样,6528 图象处理器也有多种型号,表 1—2 列出了不同系列机型的 PPU 型号对照情况。

表 1－2　PPU 图象处理器型号对照表

机　　型	PPU 型号	时 钟 频 率	相同功能的 PPU 型号
任天堂 天 马	6528	26. 601712 或 21. 47727MHz	87008、 6022、 KD841、 2C02、6538
小天才 胜天、科特	6528P	26. 601712MHz	8008P、 6541、 6538P、 2D03、P03、MG－P－501

二、6528PPU 各引脚的排列及功能

1. 6528PPU 的引脚排列

6528 与 6528P 除时钟频率略有差异外，各引脚功能完全相同。各引脚名称如图 1－2 所示。

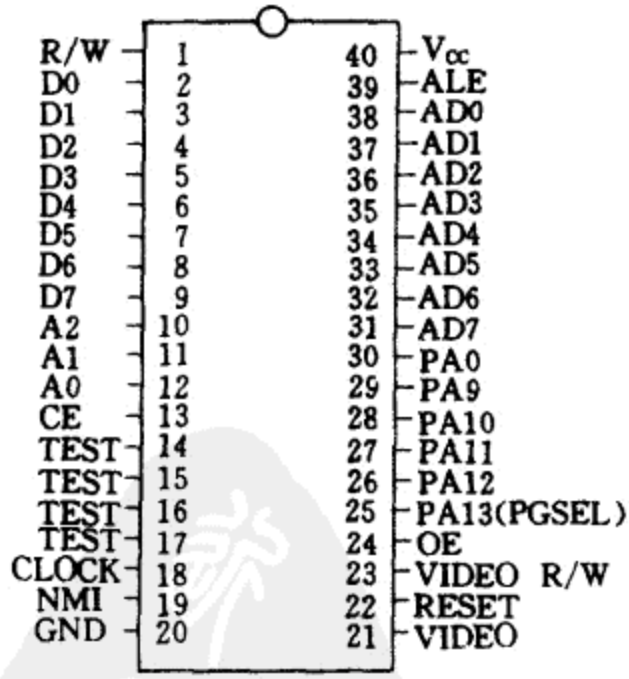


图 1－2　6528PPU 引脚排列图

2. 各引脚功能简介

· 1 脚(R/W)：来自 CPU34 脚的读、写控制信号输入

端。该端为高电平时，PPU 的数据输入 CPU；为低电平时，PPU 接收来自 CPU 的图象数据。

• 2～9 脚(D0～D7)：D0～D7 挂接在 CPU 的八位双向数据总线上。当 PPU 被选中(即片选信号 CE 为低电平)且 1 脚 R/W 信号为低电平时，经 CPU 控制将存入 RAM 的数据送入该数据总线，PPU 的 D0～D7 和 A0～A2 接收到 CPU 送入的图象数据后，在内部转换成地址和数据信号，由 PA8～PA13 和 AD0～AD7 输出，作为 VRAM(视频随机存储器)和 VROM(视频只读存储器)的地址信号，并与 VRAM 和 VROM 交换信息。

• 10～12 脚(A2～A0)：A0～A2 是来自 CPU 地址总线的低三位地址输入线。供 CPU 向 PPU 发出指令时寻址使用。

• 13 脚(CE)：片选信号输入端。该端与译码器(139)的 1Y1(5 脚)相连，低电平有效。

• 14～17 脚(TEST)：测试端，生产厂家测试用。通常该端接地。

• 18 脚(CLOCK)：时钟信号输入端。时钟频率为 21.47727MHz(或 26.601712MHz)。

• 19 脚(NMI)：非屏蔽中断信号输出端。

• 20 脚(GND)：地线端。

• 21 脚(VIDEO)：视频信号输出端。PPU 从 VRAM 读出并行数据，经内部并/串转换后，由该端输出 PAL 制式视频信号。

• 22 脚(RESET)：复位信号输入端，低电平有效。

• 23 脚(VIDEO R/W)：视频信号读/写控制信号输出端。由它控制 VRAM 的 WE 和游戏卡中 VROM 的 R/W

端。

• 24 脚(OE):允许视频信号输出控制端。该端与VRAM、VROM 的 OE 端相连,它与 VIDEO R/W 信号控制着 VRAM 的读、写和游戏卡或系统软件中 VROM 数据的读出。

• 25～30 脚(PA8～PA13):PA8～PA13 是 PPU 的地址线,它们与 AD0～AD7 一起组成 PPU 的 14 根地址线。因此,寻址能力可达 16K 字节。该地址线作为 VRAM 和 VROM 的地址信号。因此,VROM、VRAM 可与 PPU 直接交换信息。

其中 PPU 的高位地址线 PA13 还经三态输出门电路 IC7 反相(12 脚入、11 脚出),得到 PA13 的非信号,作为 VRAM 和 VROM 的选通信号 CE。

• 31～38 脚(AD0～AD7):AD0～AD7 是 PPU 的地址、数据(双向)线。它们既作为 PPU 的输出地址线,又兼做与 VRAM 和 VROM 传输数据的数据线,这是由地址锁存器(74LS373 或 74HC373)控制转换的。PPU 的地址锁存信号使能端 ALE 连至 8D 触发器(373)的 G 端,当 AD0～AD7 作为地址输出时,ALE 为高电平,PPU 的 AD0～AD7 输出信号加至 8D 触发器的 1D～8D 端,在 ALE 变为低电平时,锁存器输出端 1Q～8Q 输出的地址信息锁存。从而构成 PPU 的 PA0～PA7 地址信号,它与 PA8～PA13 共同组成 14 根地址线,作用于 VRAM 和 VROM 的地址端。

• 39 脚(ALE):地址锁存信号输出端。该端与 8D 触发器的控制端相连,低电平时锁存。

• 40 脚(VCC):正电源输入端(+5V)。

第三节　6116 随机存储器

各种型号的任天堂系列游戏机中都使用了两片相同的2K 字节(8×2KB)的 CMOS 静态 RAM 随机存储器。由于它们在电路中所处的位置不同、其作用和通讯关系的差异，通常用 RAM 和 VRAM 来表示。其中：RAM 主要存放 CPU 的工作数据及系统堆栈；VRAM 则用于存放背景图形显示数据。

一、6116 的引脚排列

6116 的引脚排列如图 1－3 所示。

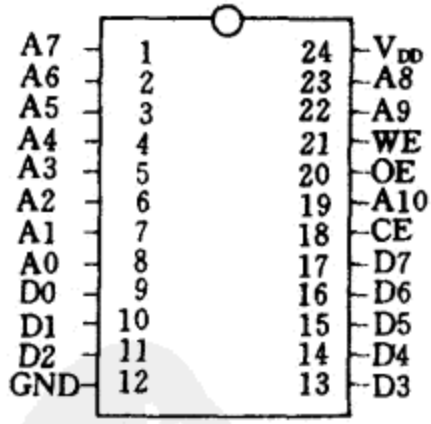


图 1－3　6116 引脚排列图

二、6116 各引脚功能简介

·1～8 脚(A7～A0)：RAM 的 A0～A7 是 CPU 地址输出总线的低八位，它们与 A8～A10 组成 RAM 的 11 根地址

输入线，作为查找片内数据时寻址，寻址能力为 2K 字节。

VRAM 的 A0～A7 是 PPU 地址输出线的低八位，它与 PA8～PA10 组成 VRAM 的地址输入线，寻址能力为 2K 字节。而 PPU 的 14 根输出地址线是在 PPU 接收来自 CPU 的 D0～D7 位的图象数据和 A0～A2 后，由内部转换成地址信号和数据信号的，这就是 PA8～PA13 和 AD0～AD7。其中 AD0～AD7 既是数据信号线也是地址信号线，这是通过 8D 触发器 373 转换实现的。当 PPU 的 ALE 端输出触发脉冲时，8D 触发器输出 1Q～8Q，即 A0～A7 地址信号，它们与 PA8～PA13 一起组成了 14 位输出地址线 PA0～PA13，可寻址 16K 字节。

• 12 脚(GND)：地线端。

• 9～17 脚(D0～D7)：D0～D7 是 RAM 的八位数据输入、输出线，它挂接在 CPU 数据总线上。因此，RAM 与 CPU、PPU 都有通讯关系。当译码器(139)的输出端 1Y0 为低电平时，即 RAM 的片选端 CE 为低电平时，RAM 被选中而开始工作，在 CPU 的控制下与 CPU、PPU 交换信息。在 VRAM 中，D0～D7 是 VRAM 的八位输入、输出线，它挂接在 PPU 的数据总线 D0～D7 上。因此，VRAM 是在 PPU 的控制下，与 PPU、VROM 单独通讯的。在片选端 CE(18 脚)为低电平时，VRAM 被选中。

• 18 脚(CE)：片选信号输入端，低电平有效。RAM 中的 CE 端受译码器 1Y0 控制；VRAM 的 CE 是由 PPU 的输出地址线 PA13 经三态门反相后控制的。

• 19 脚(A10)：A10 是 RAM、VRAM 的高位地址输入线。

• 20 脚(OE)：允许 RAM 输出数据的控制信号输入端。

低电平有效。在RAM中通常接地；在VRAM中由PPU的OE端控制。当OE端为高电平时，VRAM的数据线脱离总线。

• 21脚(WE)：允许输入数据的控制信号输入端，低电平有效。RAM的WE由CPU的R/W信号控制；VRAM的WE由PPU的VIDEO R/W信号控制。

• 22～23脚(A9～A8)：A8、A9是RAM、VRAM的高位地址线。

• 24脚(VDD)：电源输入端(+5V)。

第四节　CPU工作电路

一、6527CPU电路原理图

6527CPU的工作电路原理如图1－4所示。图中IC2(74LS139)是低功耗肖特基TTL2线/4线译码器。内部含有两个相同的译码器(下面将以1～7脚对应的IC2b译码器为例进行讨论)。其中1G为允许端(或称使能端，英文名称为Enable)、1A和1B为两条选择输入线、1Y0～1Y3为四条数据输出线。

二、CPU电路的工作原理

6527CPU的工作原理如下：

1.CPU的三条高位地址线A13、A14、A15和RDY(READY，准备就绪)信号加到2线/4线译码器IC2的输入端，经译码后，从1Y0～1Y3、2Y0～2Y3输出低电平有效的时序信号。其中1Y0、1Y1、2Y3分别作为IC3的18脚、IC4

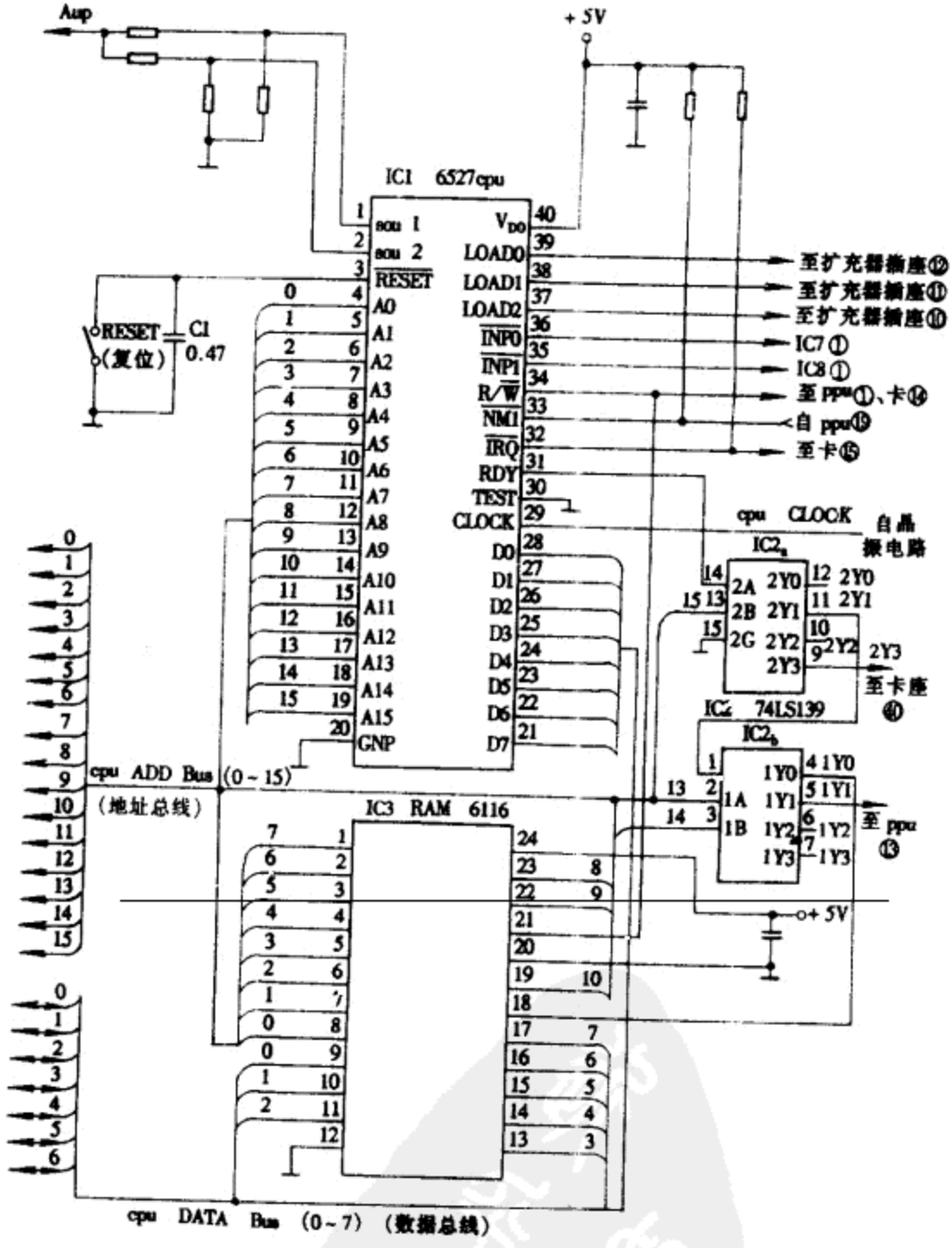


图 1－4　中央处理器(CPU)电路图

(6528PPU)的13脚及与游戏卡座的44脚相连ROM的选通信号。当RDY为高电平时,CPU对外部存储器进行读写操作。当A13～A15均为低电平时,1Y0为低电平,选通RAM;当A13为高电平而A14、A15为低电平时,1Y1为低电平,选通PPU;当A15为高电平时,2Y3为低电平,选通卡中的只读存储器ROM。

2. CPU的时钟信号来自晶振电路,由CPU的29脚CLOCK端输入,以控制CPU的工作节拍。

3. 控制信号INP0、INP1控制接口电路IC7、IC8中三态门电路的通断,以实现与外部电路的通讯。当INP0为低电平时,CPU与Ⅰ#操纵器及扩充插座(键盘插座)通讯;当INP1为低电平时,CPU与Ⅱ#操纵器通讯。

4. CPU的39脚输出LOAD0加载信号,LOAD0信号接到操纵器插座和扩充插座,以对操纵器加载;LOAD1、LOAD2接到扩充插座的第11、第10脚,以作为扩充游戏功能的控制信号。如从录音磁带装回程序数据的LOAD信号就是由LOAD2发出的。

5. CPU的3脚是系统复位端RESET,当电路接通电源后,内部拉高电阻对C1充电。开始3脚为低电平,使CPU复位。随着充电的进行,C1上的充电电压逐渐上升到TTL的开门电平时,CPU开始工作。当按下复位开关RESET时,CPU复位。CPU复位后进入初始工作状态(即执行复位程序)。

第五节　PPU工作电路

一、6528PPU电路原理图

6528PPU的工作电路原理如图1－5所示。图中IC5

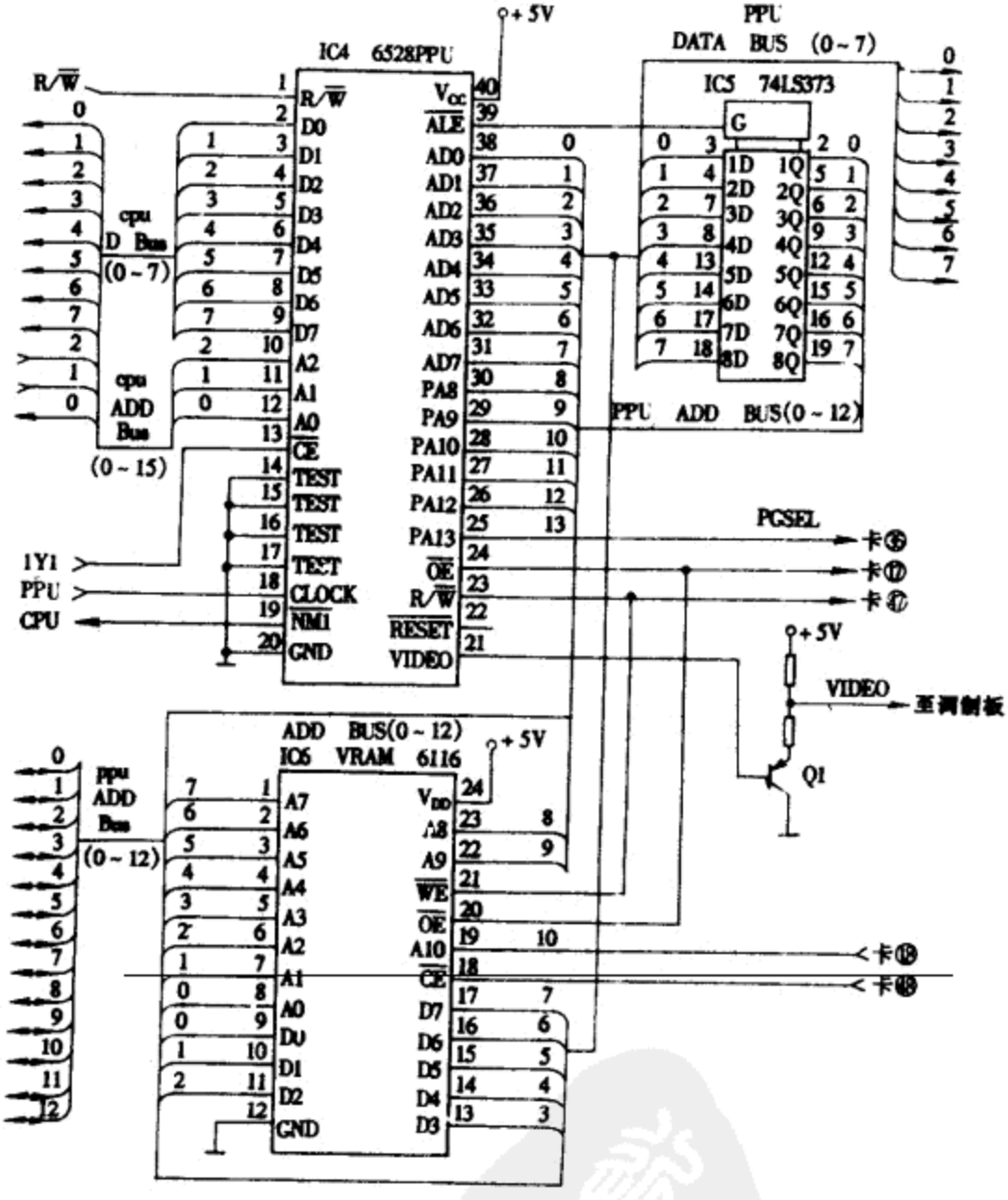


图 1—5　图象处理器(PPU)电原理图

(74LS373 或 74HC373)是低功耗肖特基 TTL8D 锁存器。

二、PPU 电路的工作原理

6528PPU 电路的工作原理如下：

1. 当 PPU 对 IC6(VRAM)和卡中的 VROM 进行操作时，首先将低八位地址信号输出到 AD0～AD7，然后由 39 脚 ALE 输出一个正脉冲。在 ALE 的下降沿作用下，把地址信号锁存在 IC5 的输出端 1Q～8Q；再从 PA8～PA12 输出高位地址信号，在 AD0～AD7 数据总线上交换数据。

2. PPU 的 25 脚 PA13 信号(也称 PGSEL)有两个作用：第一个作用是作为卡中 VROM 的选通信号，由 PPU 接至卡座的 56 脚。当 PA13 为低电平时作为 PGSEL 信号选通 VROM，PPU 读取 VROM 中的图象数据；当 PA13 为高电平时，VROM 的数据线与 PPU 的数据线脱开，同时 PA13 经反相后变为低电平，选通 IC6(VRAM)，对 VRAM 进行读写操作。由于 PA13 为高电平时才选通 VRAM，所以 VRAM 的最低地址是 2000H。PPU24 脚的 OE 信号是 IC6 的输出使能信号，同时也是卡中 VROM 的只读控制信号(由 PPU 的 24 脚到卡座的 17 脚)，这就决定了 VRAM 和 VROM 只能单独与 PPU 通讯。

3. 当 CPU 通过 1Y1 将低电平信号加在 PPU 的 13 脚 CE 端时，PPU 被选通。CPU 通过 R/W 信号控制 PPU 的 1 脚进行读、写操作。PPU 处理接收到的信号，既产生显示所需要的行、场同步信号，又同时对 VRAM、VROM 进行读、写操作。先是按 CPU 的指令从 VROM 中读出显示数据，将

其存放在 VRAM 的指定单元中，在电视扫描显示期间，PPU 把 VRAM 中的图象数据读出，进行变换、配色、重新编码，产生复合视频信号，从它的 21 脚输出，由 Q1 放大后送调制板。

第六节　接口电路

一、接口电路原理图

操纵器接口及功能扩充接口电路主要由 IC7、IC8 两片六总线驱动器 74HC368 和一片 CMOS 六反相器 CD4069 组成，其电原理如图 1－6 所示。

二、接口电路的工作原理

74HC368 是六反相三态缓冲线驱动器，内有六个相同的高速 CMOS 反相器。每三个反相器共用一个控制端 G，分别称为 G1、G2。G1、G2 为低电平有效。当 G1＝0 时，三个反相器与普通反相器一样工作；当 G1＝1 时，三个反相器的输出端 Y1、Y2、Y3 便处于悬浮状态(即高阻状态)，这就是三态反相器的第三态。其特点是除了输出为 1 和 0 两种工作状态外，还有输出端为悬浮高阻的一种状态。这种三态器件主要用于总线驱动。这是因为总线上常常接有多个器件，有些器件不能同时工作，通常在同一时刻只允许一个器件驱动总线，此时不驱动总线的器件应“脱离”总线，而上述第三态便可实现自动脱离总线的目的。

工作时，从操纵器、光电枪、键盘等外设发出的外部控制信号都将通过接口电路挂在 CPU 数据总线上。操纵器Ⅰ、Ⅱ

分别通过游戏机电路板上的插座 CZ1、CZ2 与接口电路相连，其它控制附件如光电枪、键盘等均通过扩充插座 CZ3 与接口电路连接(键盘一体机已在内部连接)。

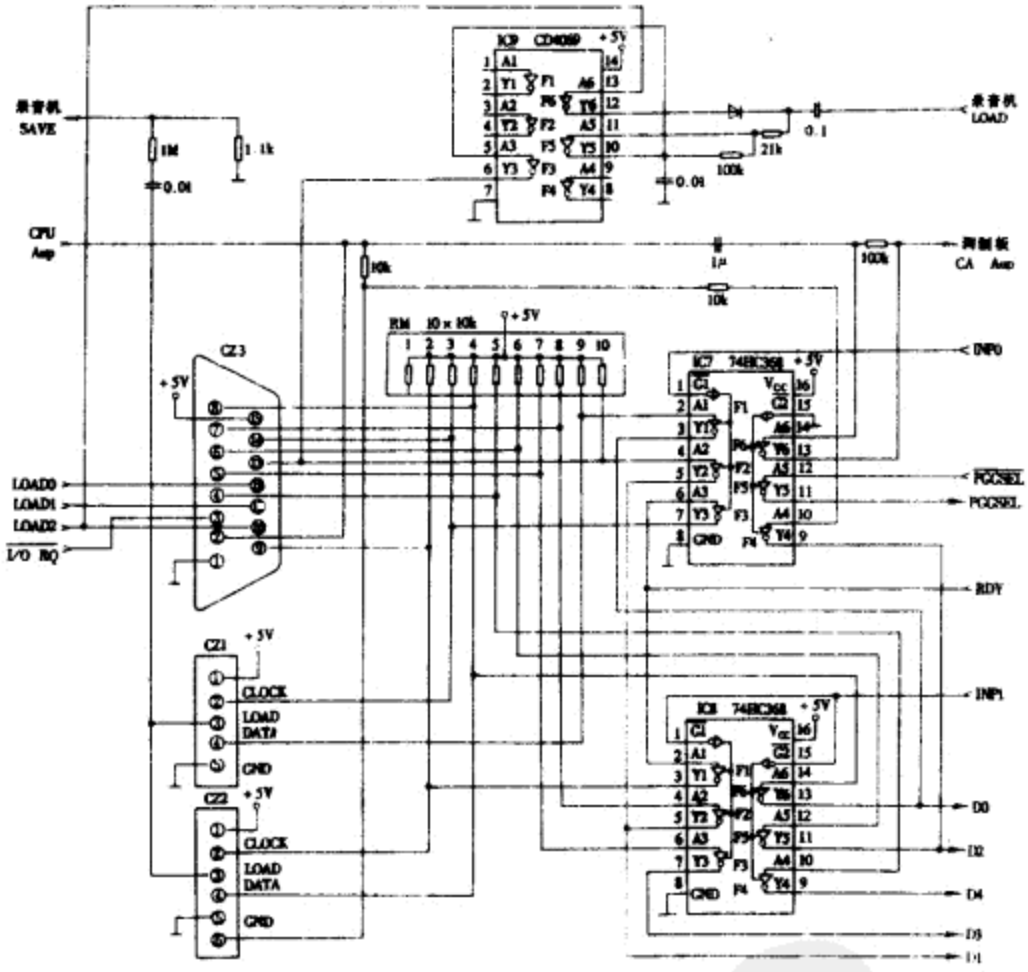


图 1－6　接口电路原理图

进行游戏时，CPU 的 INP0 为低电平，选通了 IC7 的 F1～F4，CPU 的 LOAD0 信号分别通过 CZ1、CZ2 的 3 脚对操纵器Ⅰ、Ⅱ加载；CPU 的 RDY 信号经 IC7—F3 反相后送到

操纵器的 2 脚，于是操纵器 I 发出的串行控制信号(数据 DATA)经 IC7—F1 反相后驱动 CPU 的数据线 D0，从而控制游戏的进行。此时，CPU 的 INP1 为高电平，IC8 的 F1～F6 悬浮不通，Ⅱ＃操纵器没有 CLOCK 信号，其 DATA 信号与 D0 数据线脱离，因而Ⅱ＃操纵器无效。当第一游戏者游戏结束后，CPU 把 INP1 置低电平，INP0 置高电平，使 I ＃操纵器的 DATA 信号脱离 D0 数据线，而Ⅱ＃操纵器的 DATA 信号挂通 D0 线，这样Ⅱ＃操纵器有效，I ＃操纵器无效。这就是两人轮流游戏的情况。在双打游戏中，两个操纵器将同时控制同一画面中的不同角色。这时，CPU 将分时轮流访问两个操纵器，即使 INP0、INP1 轮流为低电平，两人就可同时游戏。显然，两个操纵器的分时传输也是由接口电路实现的。键盘、光电枪、录音机的数据信号也通过接口电路挂接在 D0～D4 数据线上。IC7 的 15 脚 G2 接地，故 F4～F6 作为一般反相驱动器使用。

从 CPU 电路输出的音频信号 AUP 通过 1μf 的电容器加在 IC7—F6 的输入端，通过 IC7—F6 反相放大后送到调制板。

从录音机 EAR 端口输出的数据信号经 IC9—F5、IC9—F3、IC7—F2 放大后送入 D1 数据线。

RM 是集成电阻排，它是把若干只电阻封装在一起的电阻块。这样缩小了体积、提高了可靠性，使装配更加方便。

三、15 芯扩充插座的引脚定义

15 芯插座的引脚定义如表 1－3。

表 1－3　15 芯插座引脚定义说明

引脚编号	引　脚　定　义
1	电源地线
2	提供音频信号输入接口
3	与 CPU 的 IRQ 相连
4	与 INP1 合成后送数据线 D4，供 CPU 读取。
5	与 INP1 合成后送数据线 D3，供 CPU 读取。
6	与 INP1 合成后送数据线 D2，供 CPU 读取。
7	与 INP1 合成后送数据线 D1，供 CPU 读取。
8	与 INP1 合成后送数据线 D0，供 CPU 读取。
9	与 INP1 合成信号，提供 1 # 操纵器的时钟信号 CLOCK。
10	与 CPU 的 LOAD2 相连，控制外设。
11	与 CPU 的 LOAD1 相连，控制外设。
12	与 CPU 的 LOAD0 相连，控制外设。
13	与 INP0 合成信号送至 D1，由 CPU 读取。
14	与 INP0 合成信号，提供 1 # 操纵器的时钟信号 CLOCK。
15	+5V 电源

第七节　6561 单片机

6561 单片机芯片为 80 脚集成电路，为软封装结构，引脚一般按每边 20 条均分，排列在正方形的印刷电路板上。其引

线排列如图 1—7 所示。

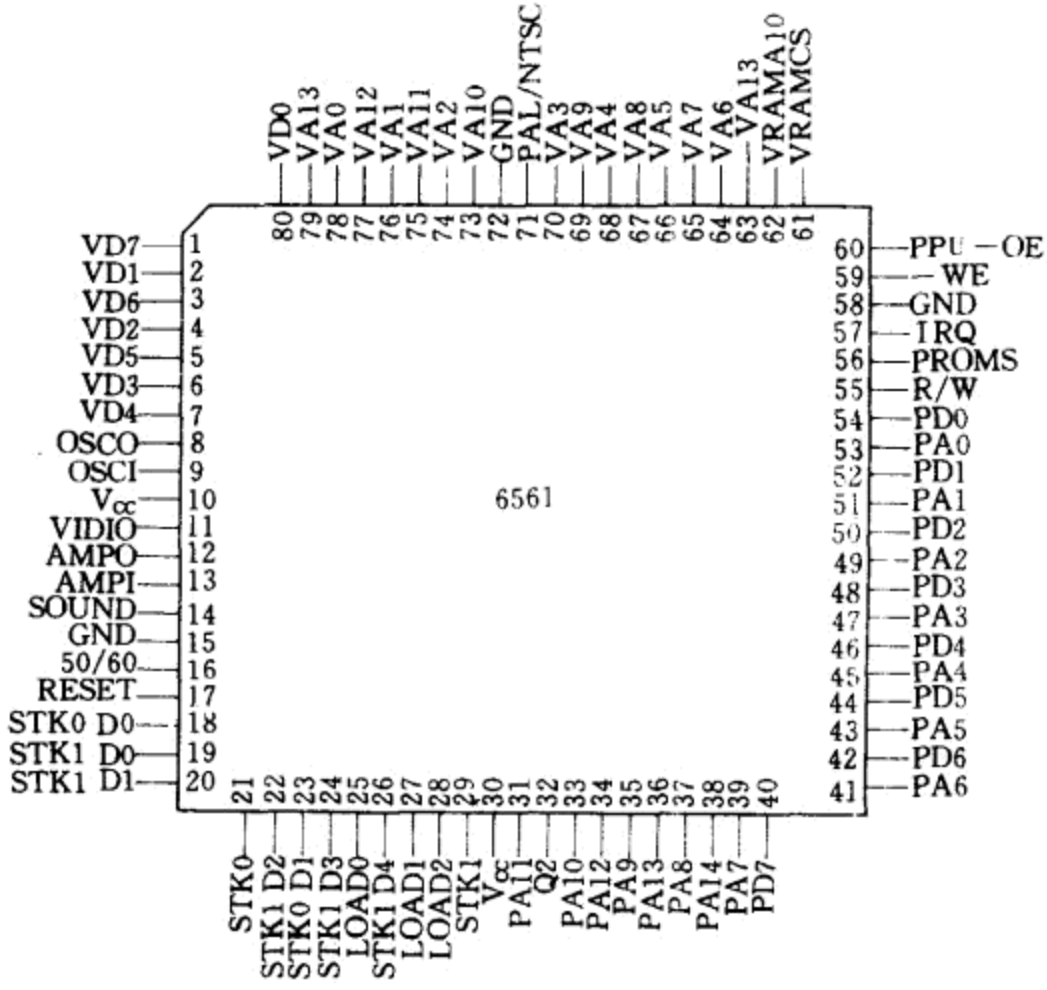


图 1—7　6561 引脚排列图

由于单片机的主机电路极其简单(只有一个游戏卡插座、两个操纵器插座和一个扩展插座。而且电路内有一个功能损坏就要全部更换,维修价值不大,故不再列出电路原理图。

第二章　游戏控制器

任天堂系列游戏机的游戏控制器包括两类：一类为游戏控制棒（一般称操纵器或手柄）；一类为光电枪（手枪、冲锋枪等）。

本章将讨论操纵器、光电枪的工作电路原理，介绍部分常见游戏机操纵器的电路原理图，为操纵器的维修提供部分资料。并重点介绍光电枪游戏的编程原理和光枪扫描程序结构。

第一节　操纵器电路原理

任天堂游戏机的操纵器通常有两个，编号为1#、2#，也称为主操纵器、副操纵器。两个操纵器的电路结构和工作原理基本相同，区别仅是副操纵器比主操纵器减少了选择键（SELECT）、开始键（START）。早期的游戏机副操纵器比主操纵器多出一个小话筒和相应的音量放大、控制电路。

目前国产任天堂系列的游戏机种类繁多，其操作器的电路可能会有些不同，但电路的基本工作原理都是相同的。下面仅以胜天9000型游戏机的操纵器为例，介绍电路工作原理。

一、操纵器电路

胜天9000型游戏机的1#操纵器控制电路原理图见图2

—1。2#操纵器控制电路原理图见图 2—2。

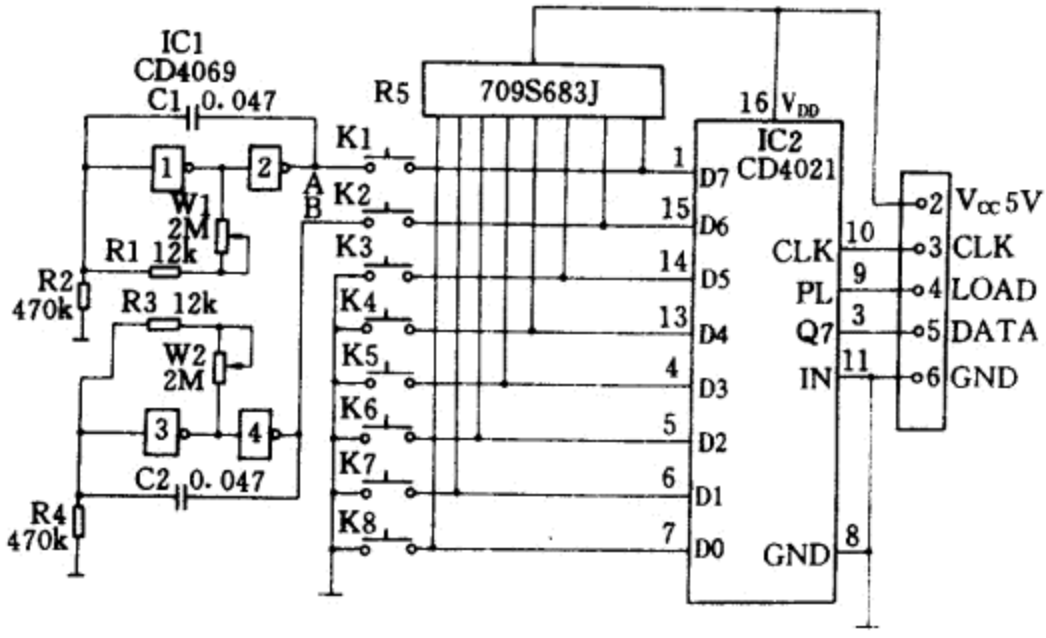


图 2—1　胜天 9000 型 1#操纵器电路原理图

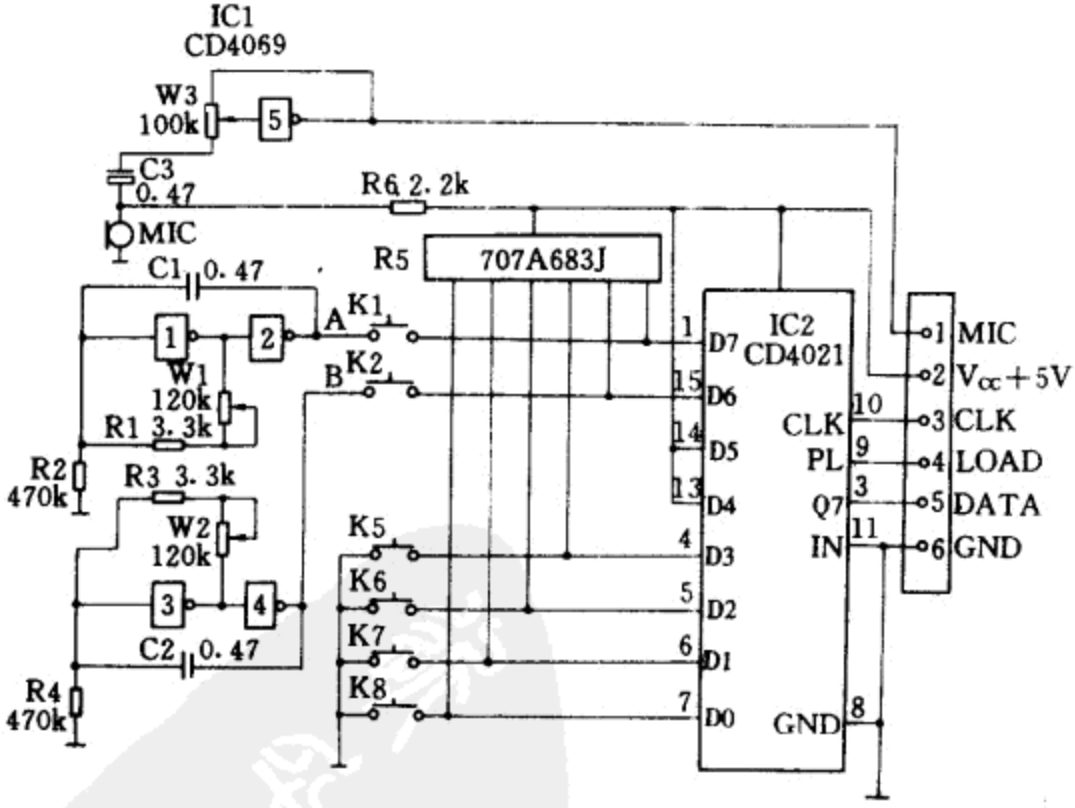


图 2—2　胜天 9000 型 2#操纵器电路原理图

图 2－1、图 2－2 中，K1～K8 分别表示操纵器面板上的 A 键、B 键、SELECT 键、START 键、方向上键、下键、左键、右键。4069 为 6 反相器，每两个反相器组成一个多谐振荡器，分别提供 A、B 键的连发脉冲。4021 为 8 位移位寄存器，用于把并行输入的 8 个按键脉冲数据转换为串行数据从插座 CK 的 5 脚输出。

二、8 位移位寄存器

图 2－1 中，集成电路 IC2(4021)是 8 位移位寄存器(异步并行输入或同步串行输入、串行输出)，其外引线排列如图 2－3 所示。

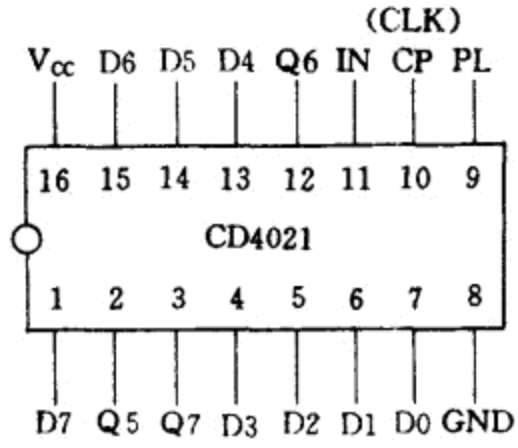


图 2－3 CD4021 外引线排列图

其功能见表 2－1。

* 为内部输出

当 CD4021 的 9 脚(PL 端)为高电平时，将工作在异步并行输入状态。

表 2—1　CD4021 功能表

输入					输出		功能
CP	IN	PL	D0	D7	Q0 *	Q7	
×	×	H	L	L	L	L	并行送数
×	×	H	L	H	L	H	
×	×	H	H	L	H	L	
×	×	H	H	H	H	H	
↑	L	L	×	×	L	Q6	右移
↑	H	L	×	×	H	Q6	
↓	×	L	×	×	Q0	Q7	保持

三、按键信号并入串出的工作原理

游戏进行中，当中央处理器 CPU 访问操纵器时，LOAD 信号为正脉冲，9 脚为高电平，置 IC2 为异步并行输入状态。IC2 将其 8 个输入端(即 1、15、14、13、4、5、6、7 脚)的控制开关信号 K1～K8(即选择信号 SELECT、启动信号 START、方向键上 UP、下 DOWN、左 LEFT、右 RIGHT、动作键 A、动作键 B)进行并、串转换，在时钟(CP)脉冲上升沿的作用下，将寄存器中的控制信号(DATA)以串行方式由输出端(3 脚)输出到主机板的接口电路，然后送到 CPU 数据总线的 D0 位上。CPU 通过操纵器读键处理程序，读出串行数据，根据按键的种类控制游戏进程。

四、输入输出信号的时序

加载信号 LOAD、时钟信号 CLOCK 和输出信号 DATA

之间的时序波形如图 2－4 所示。

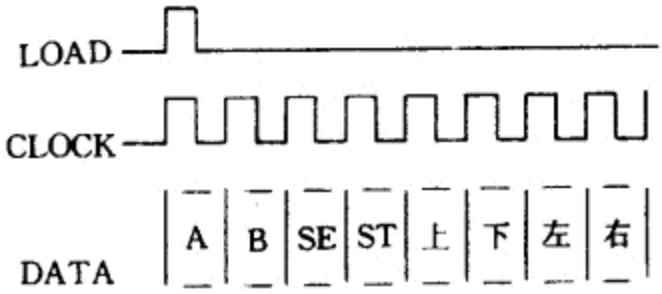


图 2－4　操作器信号时序波形图

五、使用反相器组成的连发脉冲振荡器

图 2－1 中，由 CMOS6 反相器 IC1(CD4069)与 W1、C1、W2、C2 等元件组成两个多谐振荡器，每个振荡器使用两个反相器。两个多谐振荡器输出的脉冲信号分别通过 K1、K2 送到 IC2 的 1 脚和 15 脚。当按下 K1 或 K2，游戏的进程便按 A、B 键的要求动作。若一直按住 K1 或 K2 不放，动作 A 或 B 就连续进行，因此 K1、K2 称为连发或连动开关。电位器 W1、W2 用于调节 IC1 的脉冲频率，调整它们可以改变 A、B 动作的速度。

在副操纵器中，还使用了一个反相器与 W3、C3 等元件组成音频放大器，从小话筒 MIC 传来的音频信号经放大器放大后，由接插件 CK 的 1 脚送入主机。

六、使用时基电路组成的连发脉冲振荡器

在某些游戏机的操纵器中(如天马 TM－616)，采用 555 时基电路组成了多谐振荡器，这种电路振荡频率固定，不可调节，因此 A、B 键动作的速度不变。电路原理见图 2－5、图 2－6。

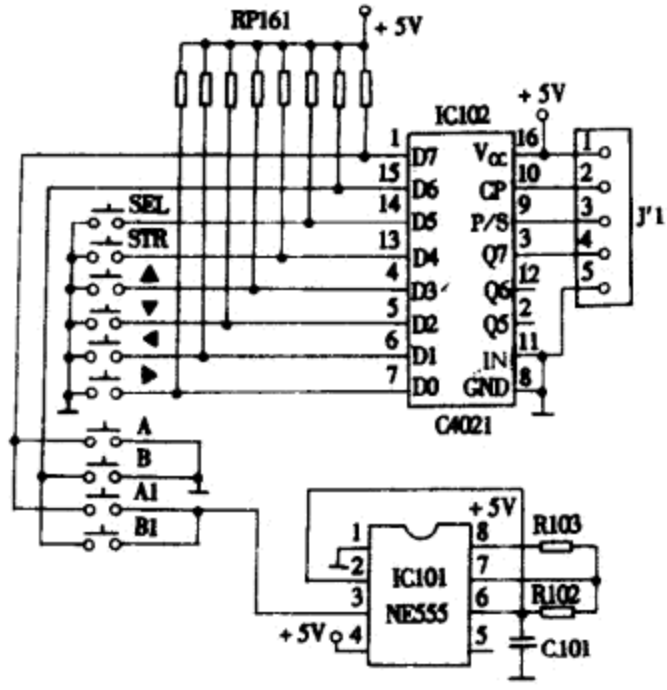


图 2－5　天马 TM－616 主操纵器电路原理图

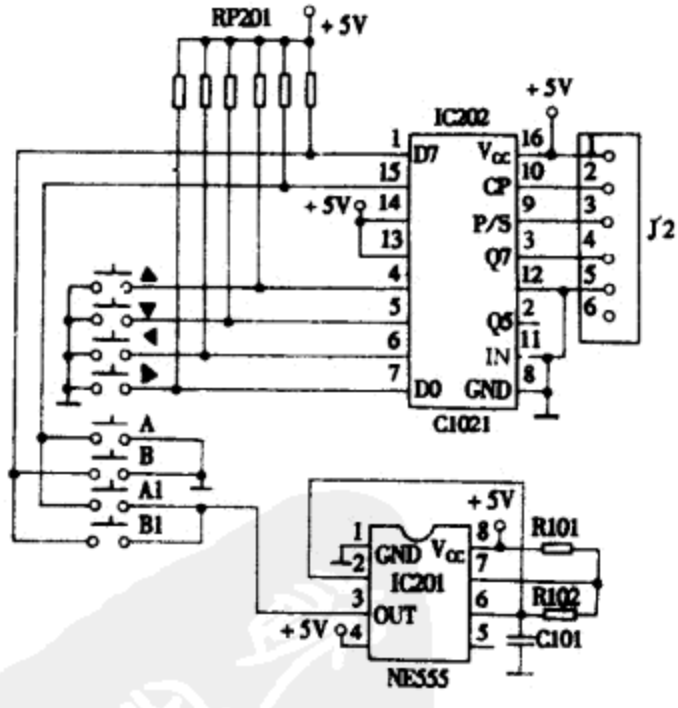


图 2－6　天马 TM－616 副操纵器电路原理图

七、高低速可调的连发脉冲振荡器

高低速可调的连发脉冲振荡器操纵器电路见图 2－7、图 2－8。

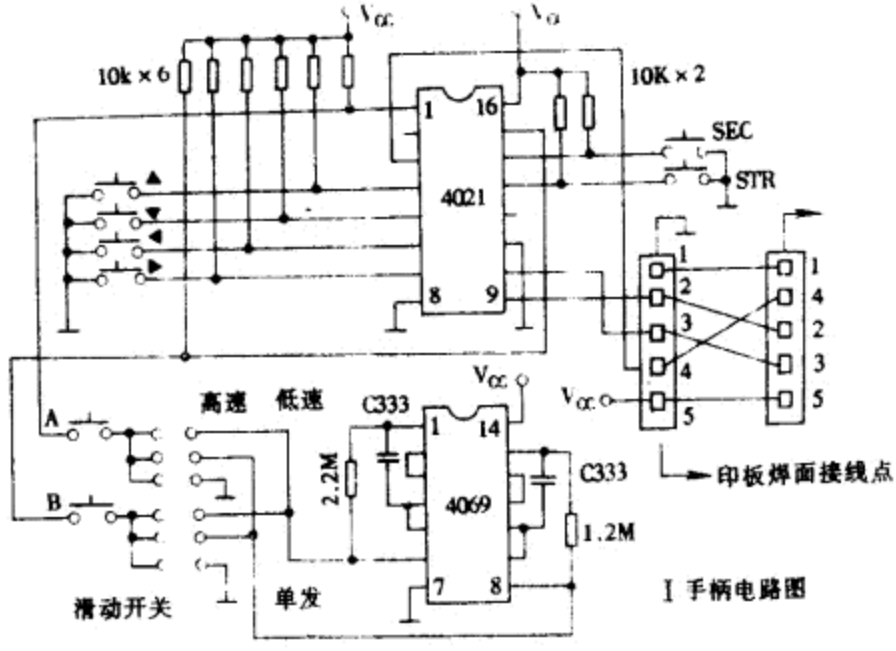


图 2－7　任天堂灰白机主操纵器电路原理图

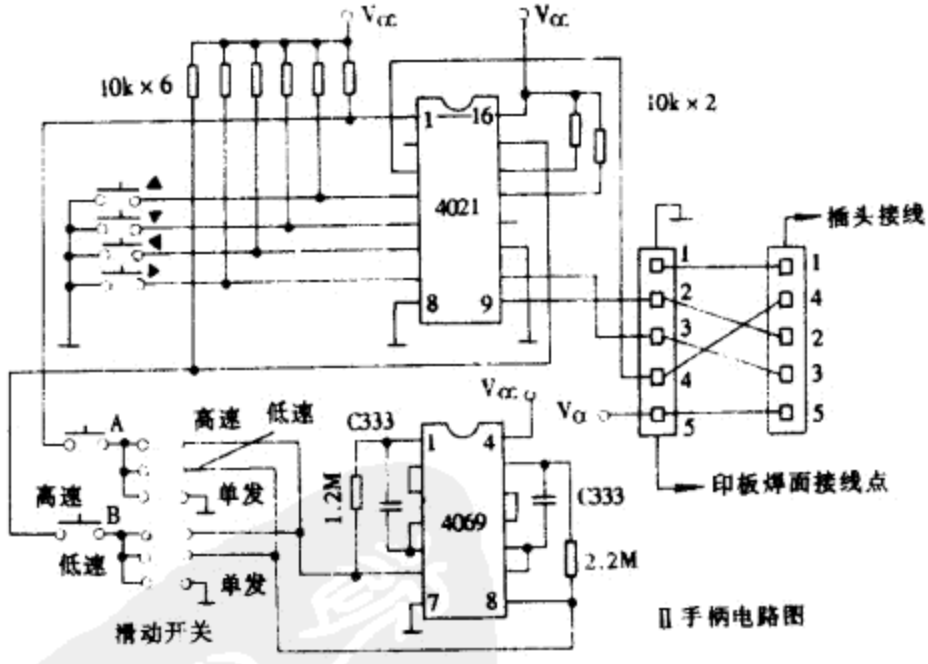


图 2－8　任天堂灰白机副操纵器电路原理图

在图 2－7、图 2－8 中，4069 的 6 个反相器全部使用，每三个反相器组成一个振荡器。由于两个振荡器的参数不同，由前 3 个反相器组成的振荡器的频率较低、后 3 个反相器组成的振荡器的频率较高。当滑动转换开关置 1 位时，A 或 B 键为单发状态；当置 2 位时为低速连发状态；当置 3 位时为高速连发状态。

上述电路中 4021 的 8 个输入端均与电源正极间跨接了电阻，其作用是当 K1～K8 没有按下时，防止因引脚悬空而感应的高压静电对电路造成破坏。

第二节　典型机操纵器电路

一、任天堂 CT－180 型

任天堂 CT－180 型操纵器电路原理图见图 2－9。

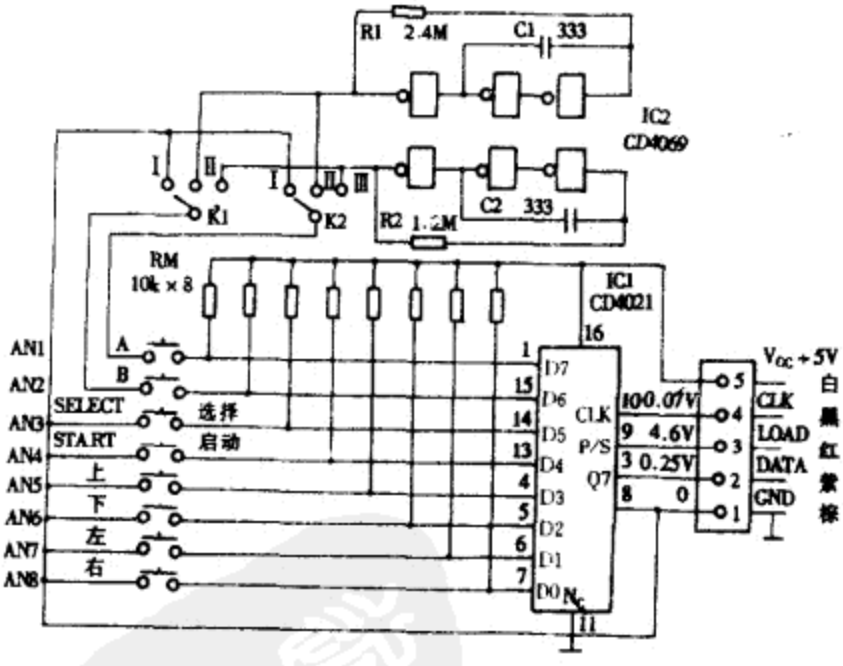
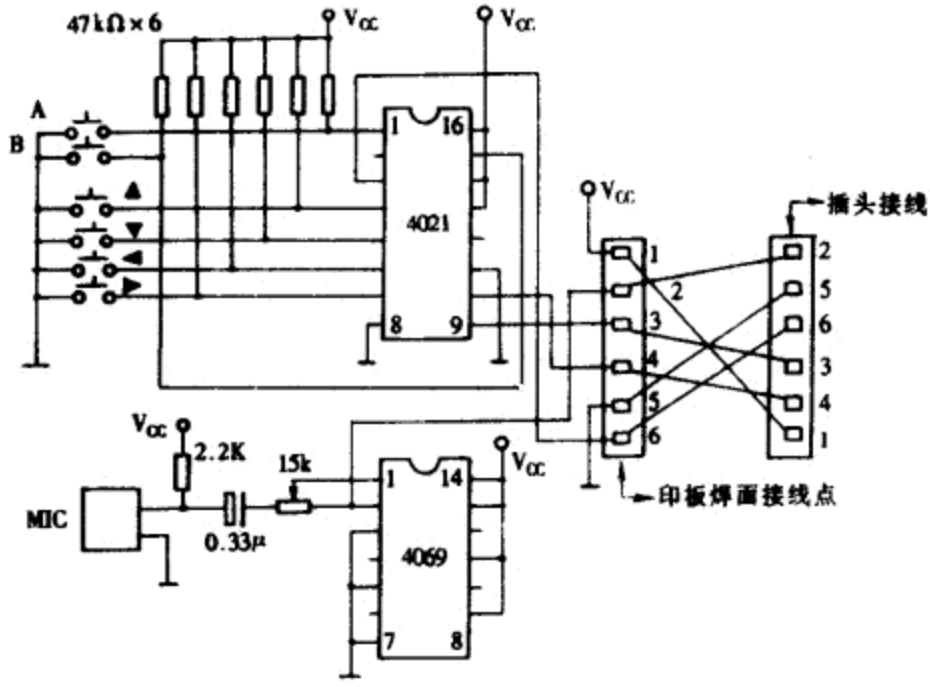


图 2－9　任天堂 CT－180 型操纵器电路原理图

二、任天堂红白机

任天堂红白机操纵器电路原理图见图 2—10。

主操纵器



副操纵器

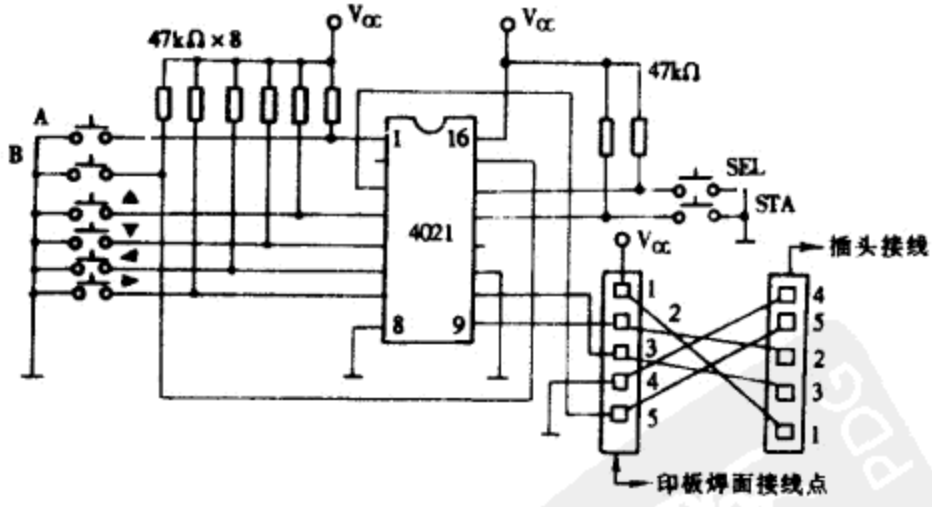


图 2—10　任天堂红白机操纵器电路原理图

三、任天堂 JVC－001

任天堂 JVC－001 型机操纵器电路原理图见图 2－11。

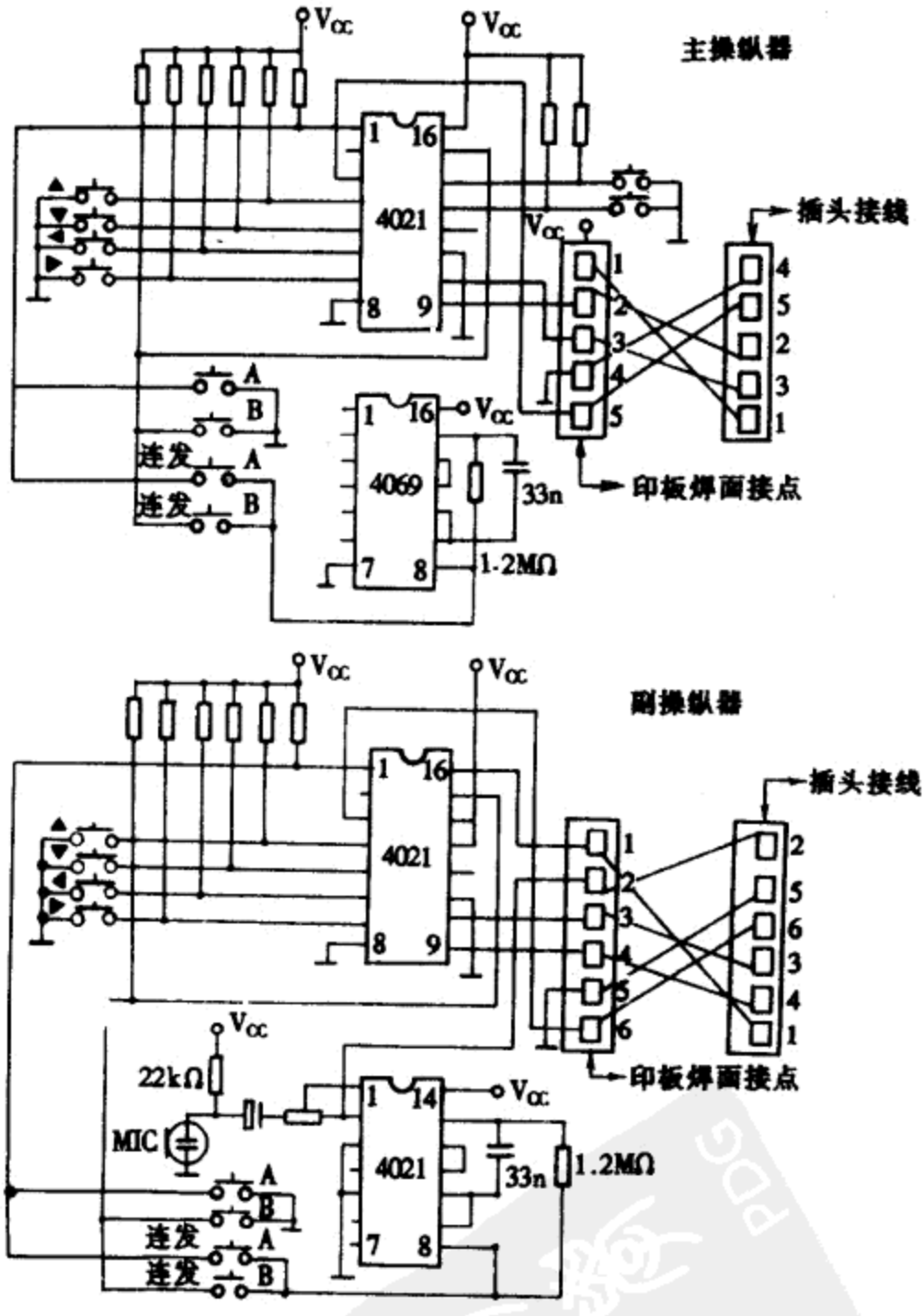


图 2－11　任天堂 JVC－001 操纵器电路原理图

四、小天才 IQ301

小天才 IQ301 操纵器电路原理图见图 2—12。

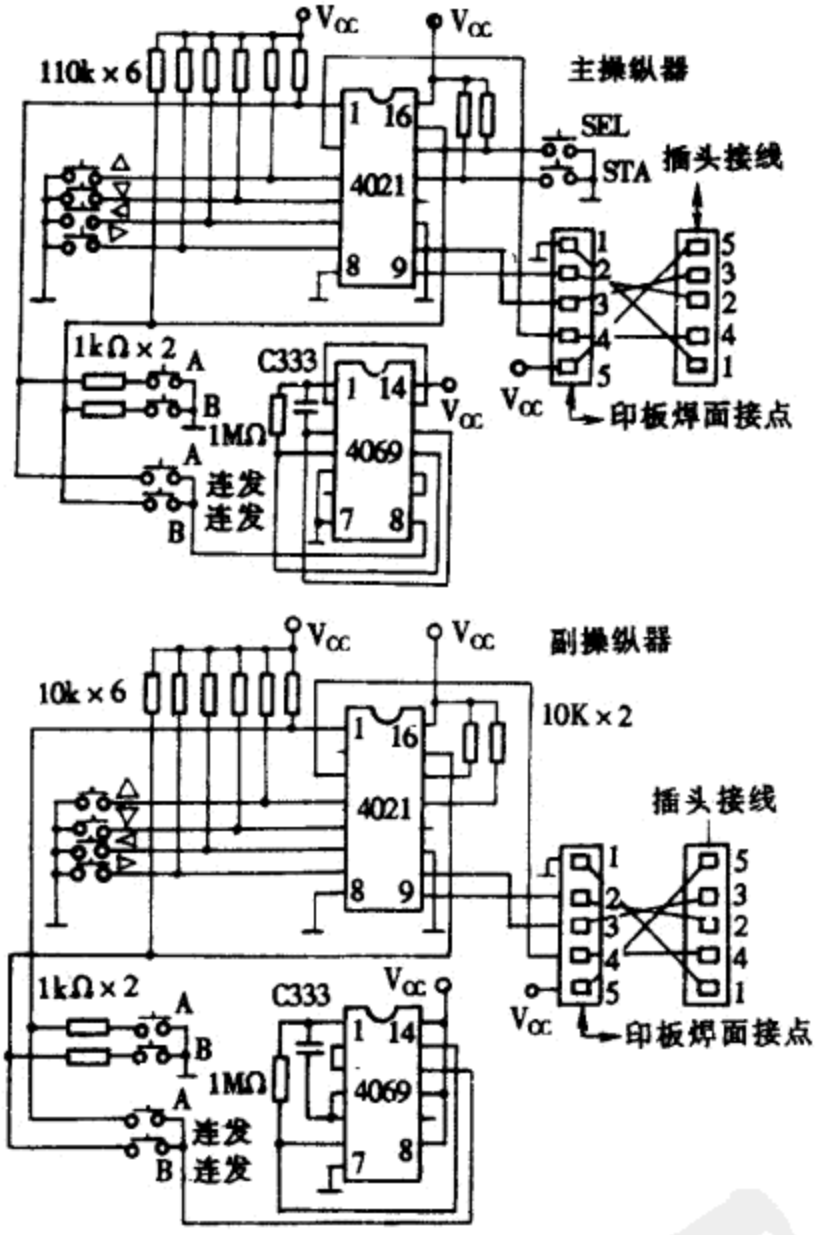


图 2—12 小天才 IQ301 操纵器电路原理图

五、小天才 IQ501

小天才 IQ501 操纵器电路原理图见图 2—13。

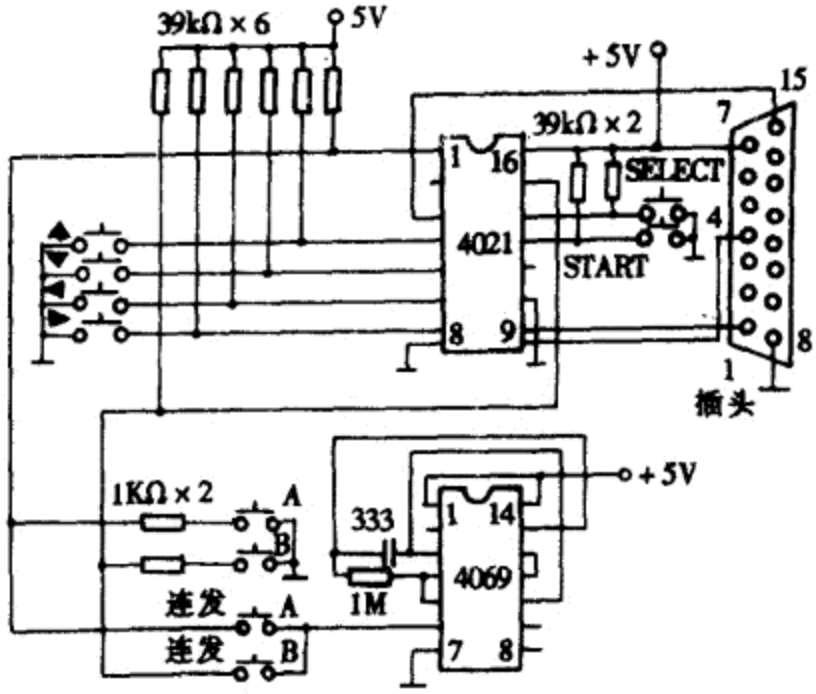


图 2--13　小天才 IQ501 操纵器电路原理图

六、软封装电路

早期的操纵器多采用以上由分立器件组成的电路，近年来，由于产品价格竞争激烈，为降低成本，操纵器电路也采用了单片软封装的形式。这种形式的操纵器性能同分立器件的相同，不同的是维修价值低，电路中的某一部分损坏即造成整个操纵器电路报废。

第三节　光电枪电路原理

光电枪是集光、电、机械于一体的任天堂游戏特殊控制器，可以制成手枪、冲锋枪等形式。与操纵器一样，它也可以控制游戏进行，但动作比操纵器单纯．其操作是用光电枪瞄准电视屏幕上的目标，扣动扳机即可游戏。

目前市售的冲锋枪还设有连发、投弹等功能，型号不同，操作方法也不一样，但它们的工作原理却是相似或相同的。下面仅以任天堂、小天才等电视游戏机广泛采用的 TLG—401 型光电手枪为例，介绍光电枪的结构、光电枪电路的工作原理和光电枪控制游戏的过程。

一、光电枪控制游戏的过程

光电枪与游戏机、电视机构成了一个闭路游戏系统。当游戏者扣动扳机发射时，便由手枪发出一个射击脉冲信号送入 CPU 数据总线的 D4 位(脉冲为高电平)，CPU 收到射击信号后，便转入光电枪是否瞄准电视屏幕上的射击目标的处理。若扣动扳机时，光电枪正好瞄准屏幕上的目标，则目标图形的光信号便通过光电枪内的光电转换电路转换成电信号，送入 CPU 数据总线的 D3 位。当 CPU 同时接受到这两个信号时，就会转入击中目标处理，发出击中目标时的声、光效果。如果 CPU 只收到两个信号中的一个，则不进行击中目标的处理。

二、光电枪电路工作原理

光电枪的工作电路原理见图 2—14，印刷电路图见图 2—15。

1. 扳机电路的工作原理

电路原理图中，扳机按钮 AN 为一常开开关，IP2 接游戏机扩展插座的第 4 脚。由接口电路可知，IP2 通过隔离电阻接至电源正极。常态时，电容 C7 被充电至电源电压，故 IP2 输出高电平。当扣动扳机时，按钮 AN 闭合，电容器 C7 上电压通过开关对地放电到零，IP2 输出低电平。当扳机脱离后又恢复为常开状态，电容C7又被充电，IP2又恢复为高电平状

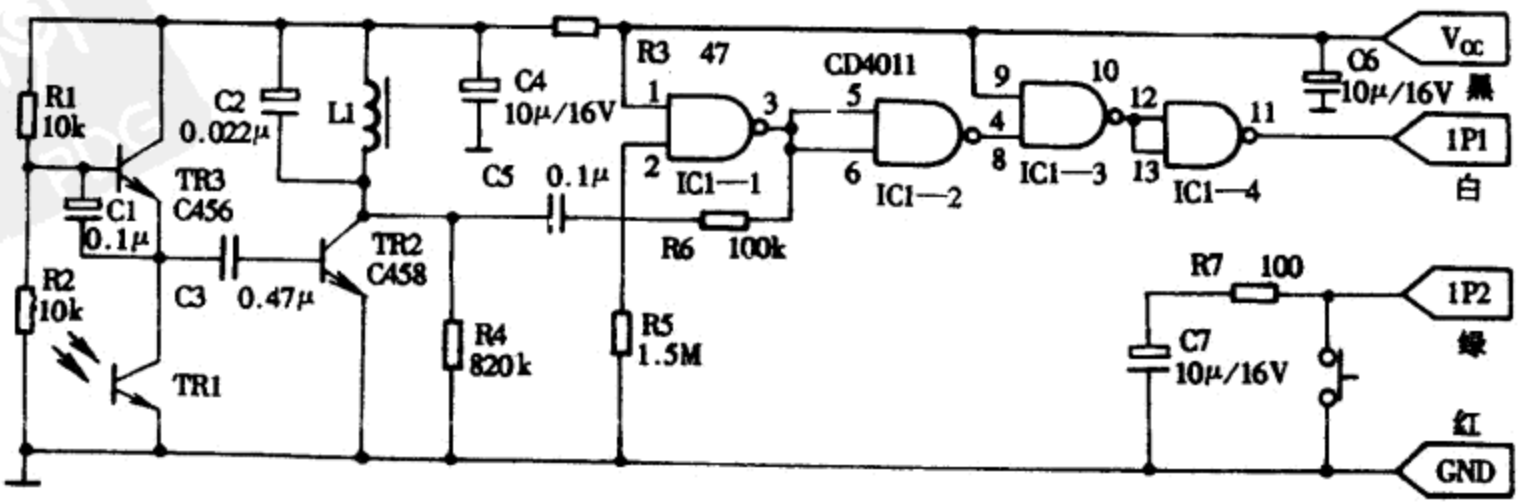


图 2—14　TLG—401 型手枪电路原理图

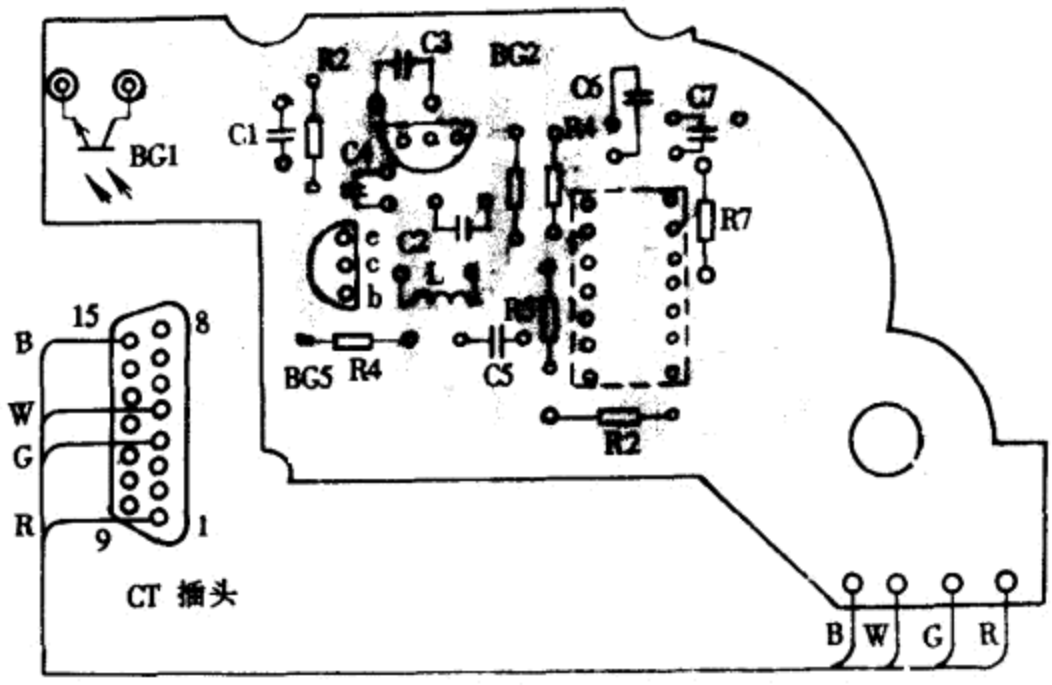


图 2 -15　TLG－401 型手枪印刷电路图

态。即扣动一次扳机，IP2 输出一个负脉冲。由接口电路可知，扳机负脉冲经主机内的 74HC368 反相后，将把正脉冲输出到数据总线的 D4 位。

2. 瞄准电路的工作原理

瞄准电路中，TR1 为光敏三极管，TR2 为激励管，TR3 为放大管，IC1(CD4011)为两输入端 4 与非门电路，其中由 IC1－1、IC1－2 组成比较放大电路，IC1－3、IC1－4 组成正脉冲输出电路。

当光电枪瞄准屏幕上的目标时，目标的光信号经装在枪口上的透镜会聚在光敏三极管 TR1 上，TR1 导通，从而在 TR3 的发射极上产生一个随光信号变化的电信号。如果该信号是由目标信号转换而来的(由特征频率决定)，即由 TR3、

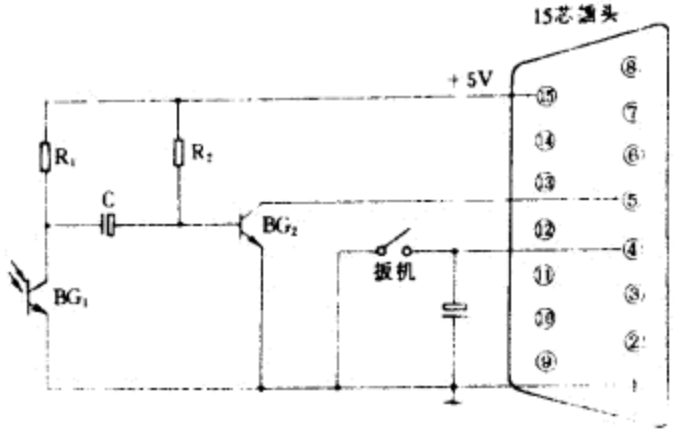


图 2—16 简化的光枪电路

CZ、L 组成的选频放大器选出放大，再由 C5 耦合到 IC1 的 2 脚，经 IC1 处理后，由 IC1 的 11 脚输出一个负脉冲，然后由 IP1 经 CT 接头的第 5 脚送入主机板的 I/O 接口，最终以正脉冲的形式，送入 CPU 数据总线的 D3 位。这样，CPU 便收到游戏者已经瞄准目标的信息。

如果 CPU 的 D4 位已收到了游戏者扣动扳机的信号，当在 D3 位又收到了目标瞄准信号时，CPU 就会作出游戏者击中目标的判断，进行击中目标的处理。

3. 简化的光枪电路

同操纵器电路一样，目前光枪电路也得到了极大的简化，图 2—16 所示的电路就是最简单的光枪电路，它的工作原理与图 2—14 是相同的。

第四节　光电枪游戏编程

本节仅以射击游戏《打鸭子》为例，介绍光电枪游戏中对光枪信号的扫描处理程序。

一、扳机扫描处理程序

1. 程序清单

扳机扫描处理程序见 No. 2－1。

No. 2－1　光枪扳机扫描处理子程序

```
D131 AD1740   LDA  $4017
D134 2910     AND  #$10     ;扫描扳机口
D136 C5B7     CMP  $B7
D138 F007     BEQ  $D141    ;与扳机原状态相同转移
D13A 85B7     STA  $B7      ;不同暂存当前的扳机信号
D13C A900     LDA  #$00
D13E 85B8     STA  $B8
D140 60       RTS
D141 E6B8     INC  $B8      ;$B8+1
D143 A4B8     LDY  $B8
D145 C001     CPY  #$01
D147 D0F7     BNE  $D140    ;$B8≠1 直接返回
D149 2910     AND  #$10
D14B F006     BEQ  $D153    ;没开枪或已松开扳机转移
D14D A901     LDA  #$01
D14F 85B6     STA  $B6      ;开枪时置开枪标志
D151 D0E9     BNE  $D13C    ;未松开扳机置$B8=0
```

返回

```
D153 A5B6      LDA  $B6
D155 F0E5      BEQ  $D13C    ;若没开枪置$B8=0返回
D157 A000      LDY  #$00
D159 84B6      STY  $B6      ;若开枪且松开扳机时置
                             $B6=0
D15B C8        INY
D15C 84B5      STY  $B5      ;置$B5=1.
D15E D0DC      BNE  $D13C
```

2. 扳机扫描程序说明

D130～D138 行为扫描光枪的扳机口处理程序，因扳机信号输入数据总线的 D4 位，故读出扩展口的状态数据只取 D4 位。D141～D14B、D153～D155 行为没有开枪时，控制扳机口扫描处理返回。

D14D～D151 行为开枪后，等待扳机复位控制程序。因扳机口扫描程序每一次中断执行一次，故扣一次扳机将输出若干个开枪信号，实际上只有一个信号有效，所以为避免误动作，必须等扳机复位后，才能确认开枪。

D157～D15E 行程序的功能为确认开枪后，置开枪标志 $B5=1。

二、枪口扫描处理程序

1. 枪口扫描处理程序清单

枪口扫描处理程序见 No. 2－2。

No. 2－2 光枪枪口扫描子程序

```
D160 A5B9      LDA  $B9
D162 D005      BNE  $D169    ;允许处理开枪时转移
```

```
D164 A900     LDA # $00
D166 85B5     STA $B5        ;不允许处理开枪时清
                             开枪标志,返回
D168 60       RTS
D169 A5B5     LDA $B5
D16B F0FB     BEQ $D168      ;没开枪返回
D16D A5BA     LDA $BA
D16F F0F3     BEQ $D164      ;没有子弹返回
D171 C6BA     DEC $BA        ;子弹计数器减一
D173 A901     LDA # $01
D175 85BE     STA $BE
D177 A900     LDA # $00
D179 85B5     STA $B5
D17B 20E6D4   JSR $D4E6      ;发开枪声子程序
D17E A904     LDA # $04
D180 8523     STA $23
D182 203BC2   JSR $C23B      ;清卡通定义区
D185 20E1C5   JSR $C5E1      ;关显示
D188 A524     LDA $24
D18A F013     BEQ $D19F      ;游戏中开枪转移
D18C 20E2D4   JSR $D4E2      ;
D18F 206CF5   JSR $F56C      |
D192 20E6D4   JSR $D4E6      | 标题画面下开枪
D195 A902     LDA # $02      | 的预处理程序
D197 85B0     STA $B0        |
D199 A9FF     LDA # $FF      |
```

```
D19B 850A     STA $0A
D19D D02B     BNE $D1CA   ;
D19F A905     LDA #$05    ;
D1A1 8523     STA $23
D1A3 A900     LDA #$00
D1A7 A000     LDY #$00
D1A9 AD0003   LDA $0300
D1AC F007     BEQ $D1B5
D1AE AD0103   LDA $0301
D1B1 C903     CMP #$03
D1B3 F012     BEQ $D1C7
D1B5 A901     LDA #$01
D1B7 85B0     STA $B0
D1B9 A050     LDY #$50
D1BB AD5003   LDA $0350     游戏中开枪预处理
D1BE F01D     BEQ $D1DD     检查是否定义卡通
D1C0 AD5103   LDA $0351     若已定义则把卡通
D1C3 C903     CMP #$03      改为白色方块
D1C5 D016     BNE $D1DD
D1C7 2092D2   JSR $D292     ;定义白块卡通
D1CA 201EC6   JSR $C61E
D1CD A520     LDA $20
D1CF D023     BNE $D1F4     ;击中时,中断处理完毕
D1D1 AD1740   LDA $4017      转移
D1D4 2908     AND #$08      ;扫描枪口,判断是否击中,
```

```
                                    等待中断处理完毕。
D1D6 D0F5     BNE  $D1CD
D1D8 A5B0     LDA  $B0
D1DA 4C8AD2   JMP  $D28A      ;未击中转移

D1F4 4C4AD2   JMP  $D24A      ;若定义多个卡通则进行第
                                二个卡通的相同处理。
D235 A902     LDA  #$02
D237 8DFF05   STA  $5FF       ;置未击中标志
D23A 4CEEC5   JMP  $C5EE      ;恢复现场返回
D24A A204     LDX  #$04
D24C A5B0     LDA  $B0
D24E D006     BNE  $D256
D250 8E0103   STX  $0301      ;置击中标志
D253 4C59D2   JMP  $D259
D256 8E5103   STX  $0351
D259 A51F     LDA  $1F        ┐
D25B C902     CMP  #$02       │
D25D F007     BEQ  $D266      │恢复开枪前的现场
D25F A001     LDY  #$01       │清卡通定义页
D261 8427     STY  $27        │开显示
D263 C8       INY             │子程序返回
D264 D002     BNE  $D268      │
D266 A003     LDY  #$03       │
D268 8423     STY  $23        ┘
```

```
D26A 203BC2   JSR  $C23B
D26D 4CEEC5   JMP  $C5EE
D292 B90203   LDA  $0302,Y ;
D295 85B1     STA  $B1
D297 B90303   LDA  $0303,Y
D29A 85B2     STA  $B2
D29C B90A03   LDA  $030A,Y
D29F 850C     STA  $0C
D2A1 4C7CC6   JMP  $C67C
```

游戏中开枪时定义白块卡通子程序

2. 枪口扫描子程序说明

D160～D17B 行程序是枪口扫描预处理程序段。首先根据 $B9 单元的取值判断是否允许处理开枪(如正在显示标题画面、游戏画面时，卡通未定义时等情况)：若 $B9＝0 表示禁止开枪，子程序返回；若允许开枪再检查 $B5 是否开枪。若没有开枪则子程序返回；若已经开枪再判断是否还有子弹($BA 单元为子弹计数器)。若 $BA＝0 则清开枪标志，子程序返回；若 $BA≠0 表示还有子弹，清开枪标志，调 $D4E6 子程序发开枪声响。

D17E～D18A 行是开枪类别判断处理程序。由该段程序判断是在标题画面下开枪、还是在游戏中开枪，并控制转入相应的处理程序入口。

D18C～D19D 行为标题画面下开枪处理程序。它的处理特点是显示背景 1 页(背景 1 页置为全屏幕白色)，供枪口扫描。

D19F～D1C7 行是游戏中开枪处理程序。它的处理特点是把卡通定义为白色块，供枪口扫描。

D1CA～D1DA 行为是否击中目标的判断处理程序。若

没有击中目标，是标题画面下开枪置开空枪标志，以供选项处理；在游戏画面下开枪则置未击中标志。若击中目标则转$D24A，置击中目标标志。若击中第一个目标则置$301＝4；若击中第二个目标则置$351＝4。然后恢复开枪前的现场，清卡通定义页，子程序返回。

D235～D23A 行为未击中目标时的处理。置未击中标志，恢复现场，返回调用子程序。

D24A～D26D 行为击中目标处理程序段。

D292～D2A1 行为定义白块卡通子程序。

第三章　外围电路

本章将讨论电脑学习机的外围电路包括：时钟电路、射频调制电路、视频制式转换电路、电源电路。

第一节　时钟电路

中央处理器CPU、图象处理器PPU、各种接口等电路都必须按照一定的时间顺序执行操作。为了使各项操作协调统一、步调一致，必须设置一个统一的时间标准，这个时间标准就是时钟脉冲。能够产生时钟脉冲的电路就叫做时钟电路，或叫做时钟脉冲发生器。

电脑学习机的时钟电路安装在游戏机的主控印刷电路板上，通常放在CPU、PPU附近。

一、三种时钟电路原理图

由于游戏机型号的差异，时钟电路也略有不同，下面列出典型的三种时钟电路。见图3－1、图3－2、图3－3。

由图3－1、3－2可见，两图的差异仅仅是图3－1中的振荡电容C并联了一个可变电容C'，以便于校准晶体振荡频率。早期的任天堂游戏机多为这种电路。图中Q1、TX、C1、C2构成时钟发生器，产生的高频脉冲用作CPU和PPU的时钟。时钟脉冲一路经C4到PPU的第18脚；另一路经射极跟随器Q2、C5到CPU的29脚。高频脉冲的频率由晶体TX决定，常见的有：21.47727MHz、21.251465MHz以及26.601712MHz三种，这是根据不同的机型，使用不同的CPU、PPU而定的。图3－3为双时钟电路，它适用于CPU使用21.47727MHz、PPU使用26.601712MHz的电路。

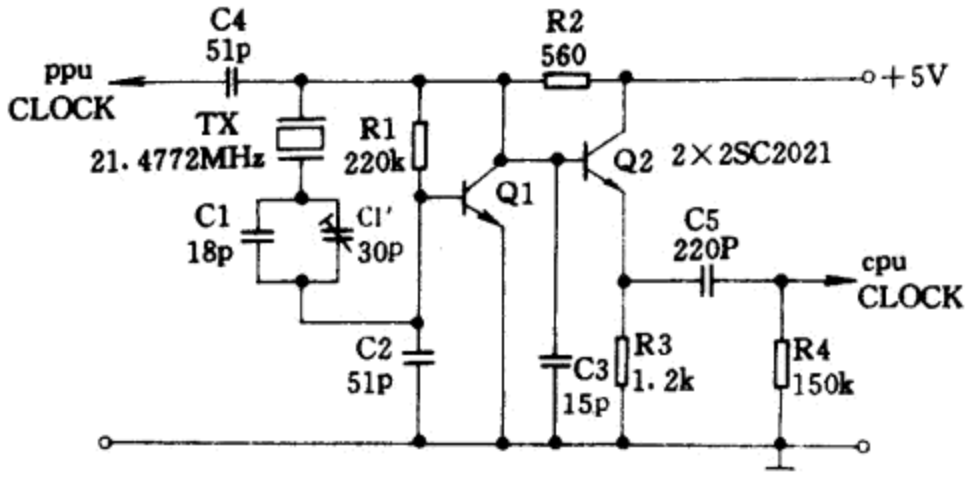


图 3－1　时钟电路之一

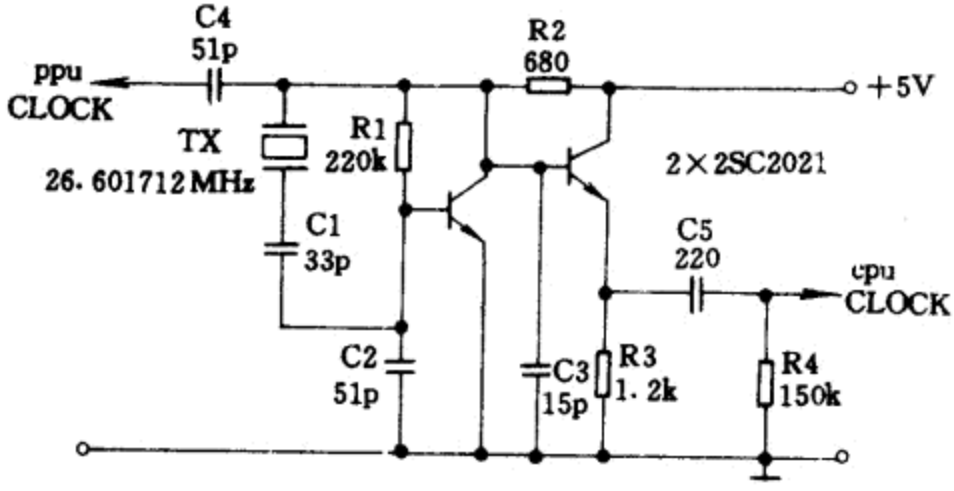


图.3－2　时钟电路之二

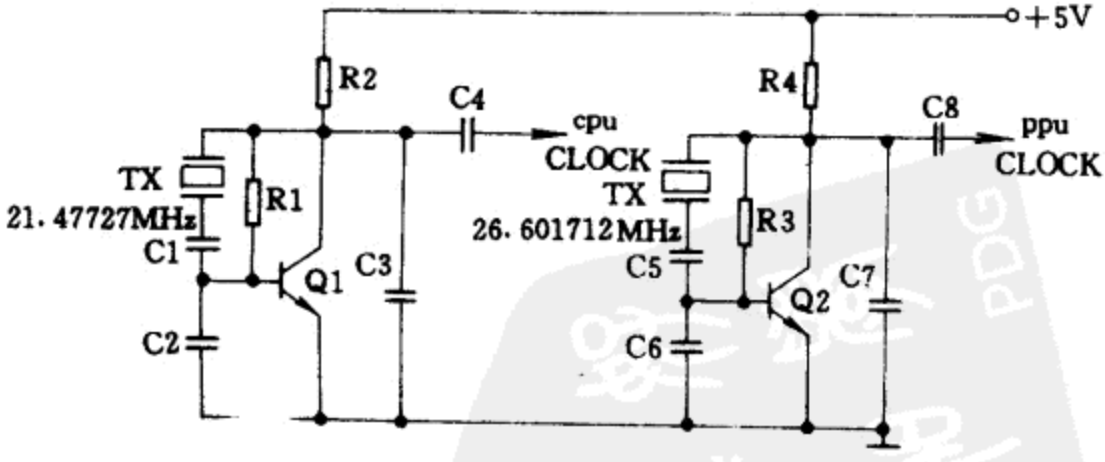


图 3－3　时钟电路之三

二、时钟电路与CPU、PPU的配合关系

图3－4列出了游戏机主板上三种不同时钟频率与CPU、PPU的配合关系。

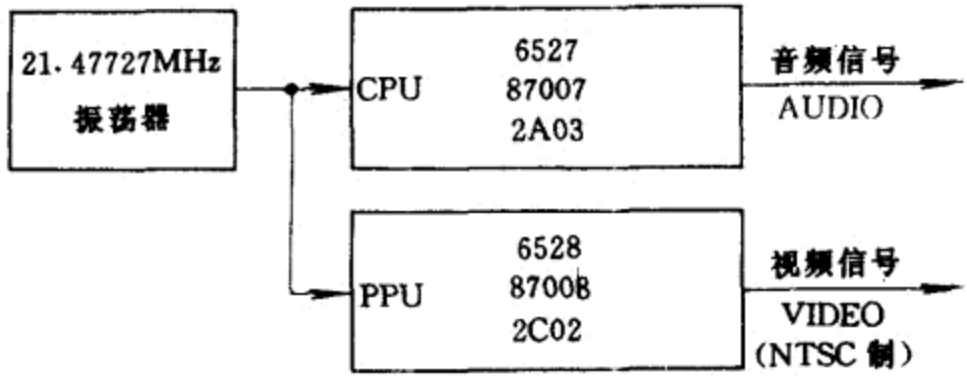


图3－4(a)　时钟频率与CPU、PPU配合图之一

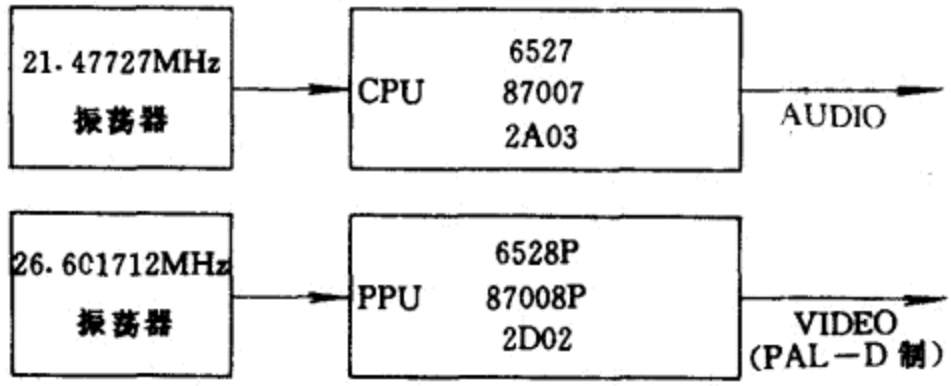


图3－4(b)　时钟频率与CPU、PPU配合图之二

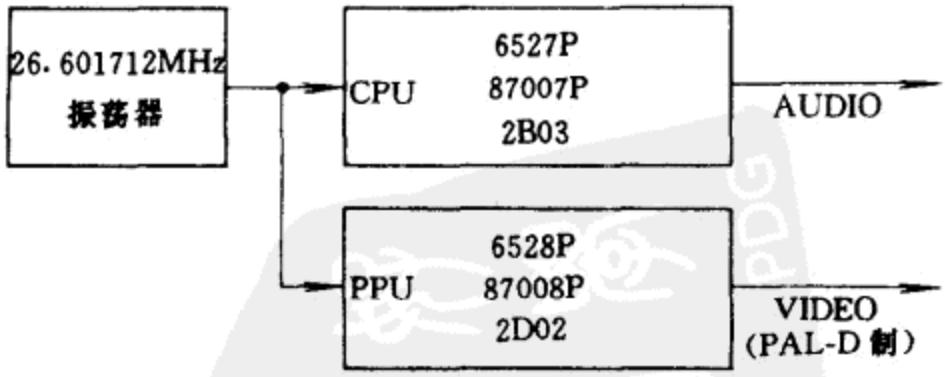


图3－4(c)　时钟频率与CPU、PPU配合图之三

三、三种配合的功能对比

图 3－4 的三种配合，在实际应用中的对比情况如下：

图 3－4(a)的配合是任天堂原装机的方案。这种原装机电路板质量较高，工作稳定、兼容性好。缺点是输出的视频信号是 NTSC 制式，在我国使用时要加制式转换电路。

图 3－4(b)是一种过渡性方案。它虽然能输出 PAL－D 制式的视频信号，但由于 CPU、PPU 的时钟频率相互独立，故极易相互干扰，致使图象质量不太理想。

图 3－4(c)是一种最佳的方案。现在流行的仿任天堂红白机、小天才、小灵通等机种，大多采用这种方案。这种方案的缺点在于 CPU、PPU 大多是港、台等地根据 PAL－D 制式的要求而重新设计制造的，因而游戏卡的兼容性稍差些。

第二节　射频调制电路

中央处理器 CPU 输出的音频信号、图象处理器 PPU 输出的视频信号，还不能供电视机直接接收，必须把它们调制成全电视射频信号。完成这一任务的电路就是射频调制电路，通常称为射频调制器。

一、调制板的配置结构

射频调制器、电视制式转换电路和电源稳压电路通常装在一块印刷电路板上，这块电路板一般称为“调制板”。多数调制板是独立的，有的机型则装在主板上。下面介绍的三种调制板的配置结构，如图 3－5、图 3－6、图 3－7 所示。

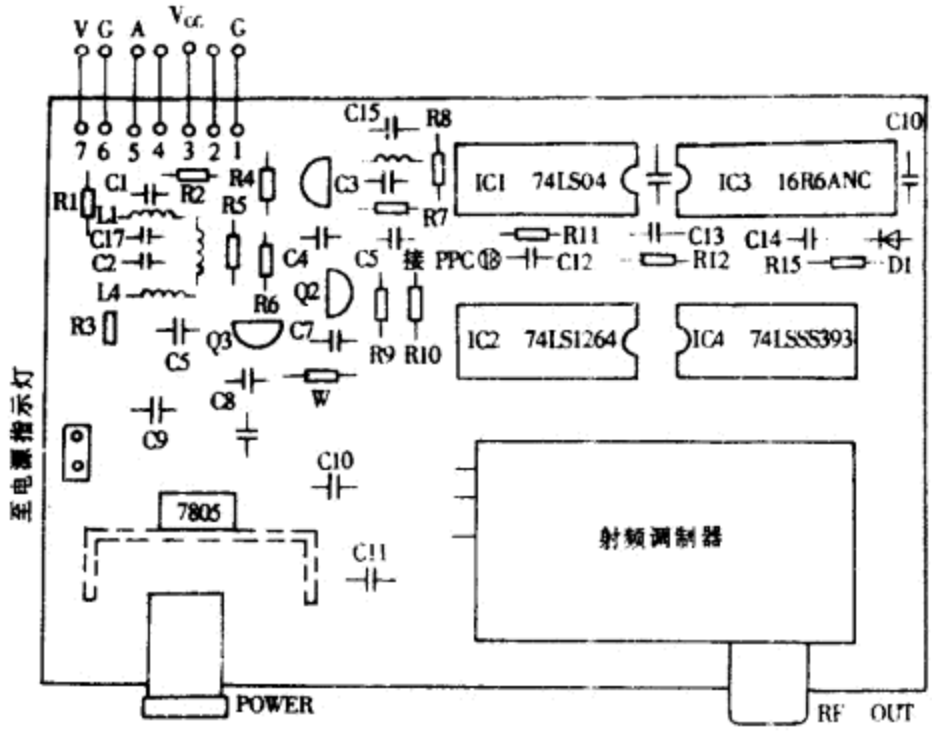


图 3—5　调制板配置结构图

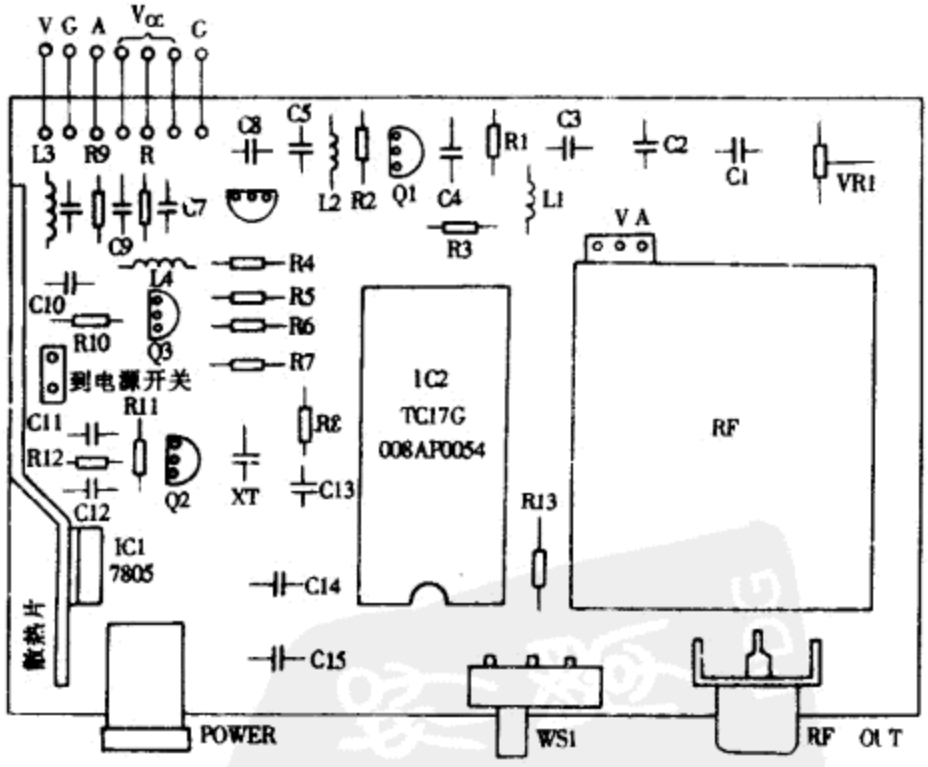


图 3—6　调制板配置结构图二

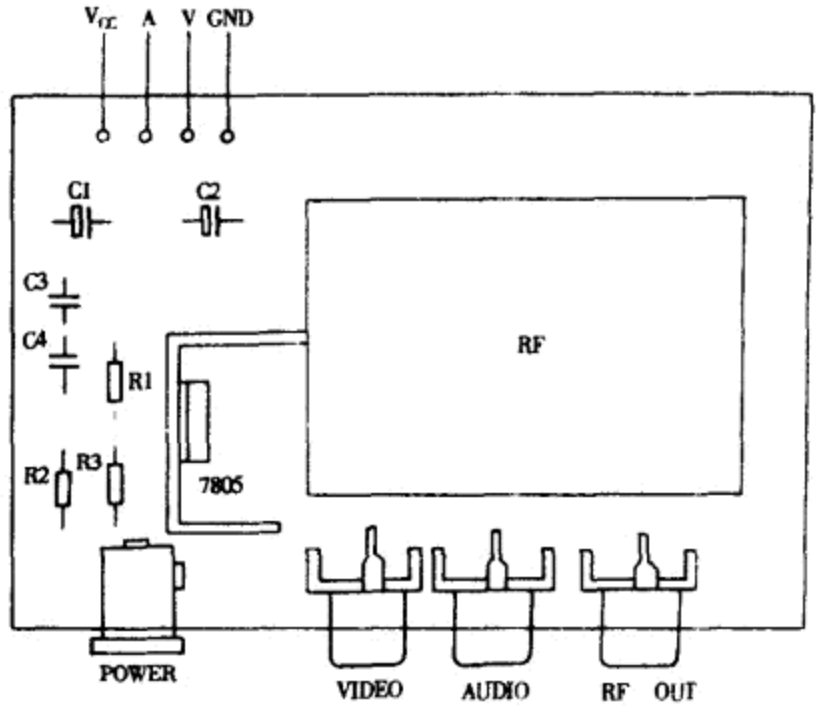


图 3—7　调制板配置结构图三

二、射频调制器的工作原理

不管调制板的配置结构如何，射频调制器的工作原理是相同的。图 3—8 示出了射频调制器的工作原理框图。

图3—8　射频调制器的工作原理框图

由图 3—8 可以看出，射频调制器由伴音载波振荡器、图象载波振荡器、混频电路、射频调制电路组成。由于我国电视伴音的载波频率比图象载波频率高 6.5MHz，所以必须先将音频信号用 6.5MHz 频率进行调制(调频)；然后由混频电路把伴音调频信号与未经调制的视频信号混频，输出合成后的

全电视信号送到射频调制电路；在射频调制电路中，全电视信号对图象载波进行幅度调制（调幅），最终形成符合我国电视接收标准的全电视射频信号。

三、射频调制器的电路原理

电脑学习机的射频调制器电路原理如图 3－9 所示。

图 3－9 中，Q1 及其外围元件构成电容三点式可变电抗伴音载波振荡器，它的中心频率为 6.5MHz。音频信号通过 R4、C4 控制该振荡器的振荡频率，由此产生伴音调频信号。

视频信号一路经 R9 输出到安装在外壳上的视频插座；一路经 C8，通过由 C9、R10、R11、R12 组成的阻容网络送到 A 点，与伴音信号混合组成全电视信号送入射频调制电路。在射频调制电路中，全电视信号作为调制信号经 D1、D2 以及 T2 加到 Q2 的集电极，对图象载波进行幅度调制，调制后的射频信号经 C18、L2、R17、R18 输出到射频信号插座。

四、射频调制器的结构

射频调制器的结构有两大类：

一类使用成品调制盒，盒中电路的地线直接与金属外壳相连，仅引出三条引线，从左向右排列依次为音频输入线、视频输入线和电源线。射频输出插座直接固定在外壳上。外壳顶部设有两个小孔，分别用于微调射频振荡器和伴音载频的振荡频率。

另一类则把射频调制器的所有元、器件直接焊在调制板上，调试完毕再另加金属屏蔽罩。屏蔽罩顶部相对于微调电感的部位，也留有供调试的开孔。

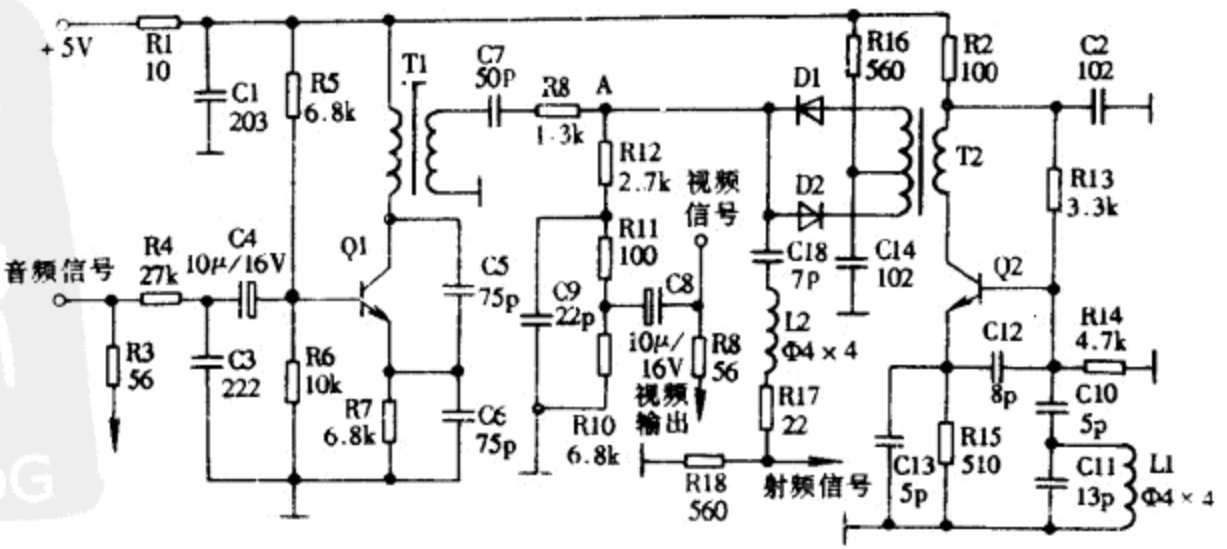


图 3　9　射频调制器电路原理图

五、任天堂 DT－180 型射频调制器电路图

任天堂 DT－180 型射频调制器电路如图 3－10 所示。

六、天马游戏机射频调制器电路图

天马游戏机的射频调制电路如图 3－11 所示。

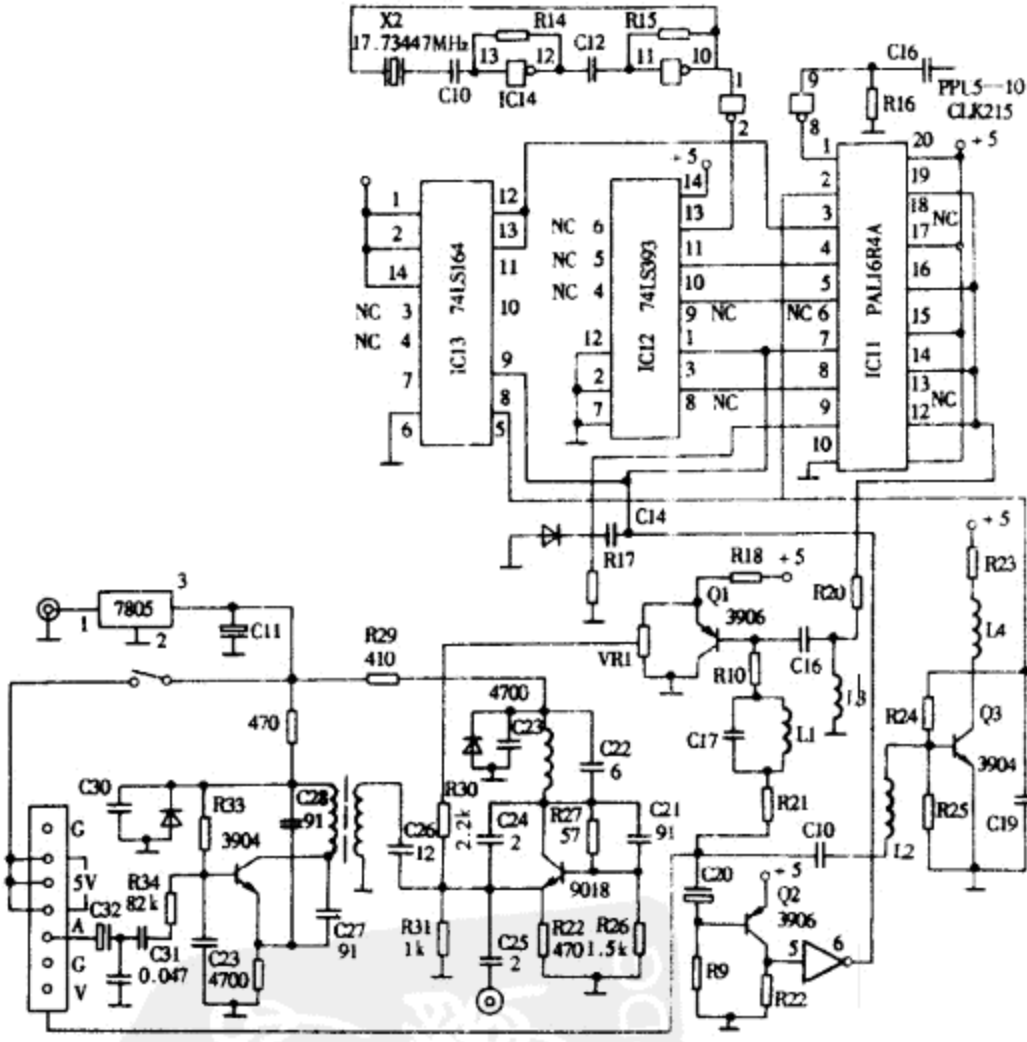


图 3－10　任天堂 DT－180 型射频调制器电路图

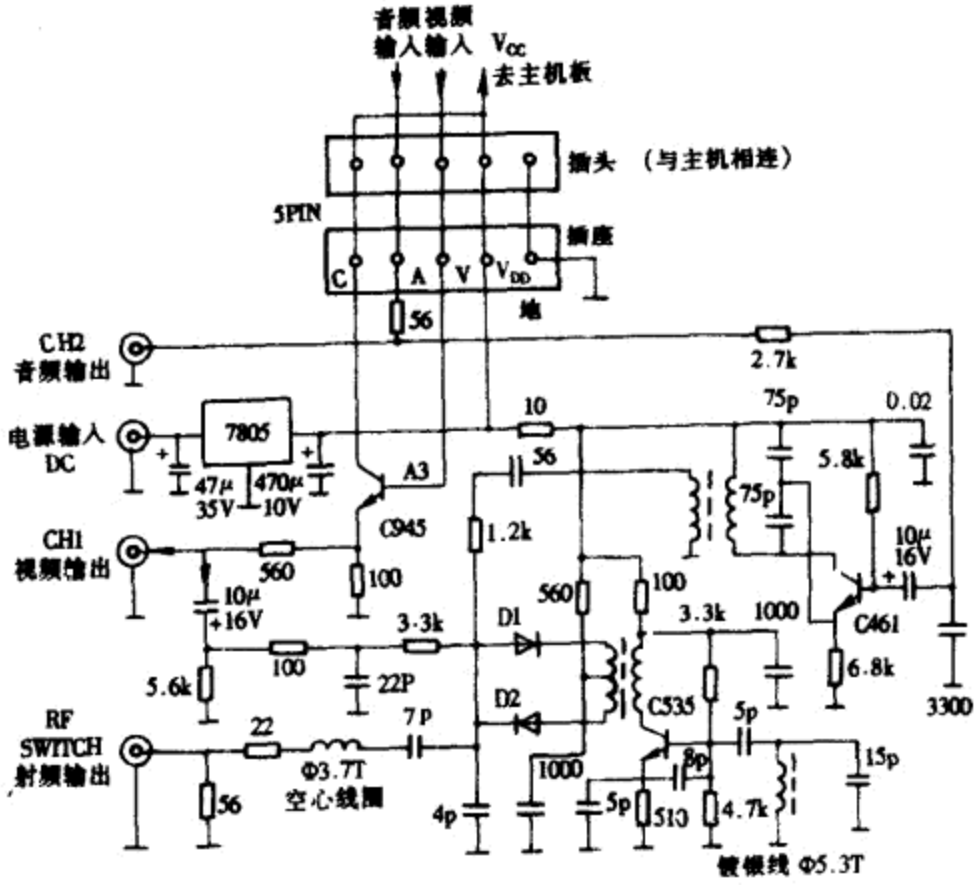


图 3－11　天马游戏机射频调制电路图

第三节　制式转换电路

任天堂原装游戏机输出的视频信号是 NTSC 制式的，为适应我国电视机接收的要求，必须把它转换为 PAL－D 制式的视频信号。

一、NTSC 制式的概念

NTSC 制式也叫“正交平衡调幅制”，它于 1953 年在美国开始使用，是应用较早的一种同时制彩色电视系统。目前美国、日本、加拿大等国都采用这种制式。

NTSC 制式的特点如下：

1. 利用人眼的视觉对亮度细节的敏感、对彩色细节不敏感的特性，将亮度信号以宽带传送(0～4MHz)，以窄带传送色度信号(0～1.5MHz)。

2. 采用了频谱间置技术，副载频取 3.579545MHz。

3. 采用了 I、Q 两个色度信号传送彩色，其中用 I 分量反映橙色(青色)，因人眼对这些彩色的感觉较敏感，故用 0～1.5MHz 的较宽频带传送；用 Q 分量反映黄绿色(紫色)，因人眼对这些彩色的感觉较迟钝，故用 0～0.5MHz 的较窄频带传送；使用 I、Q 的比值代表色调(即色度信号的相位)；使用 I 或 Q 分量与亮度信号的比值代表色饱和度。

4. 采用正交平衡调幅，把两个色信号调制在副载波上，I 分量用残留边带传送，Q 分量用双边带传送。这样使色度信号与亮度信号之间的相互影响最小。

NTSC 制式的主要优点是彩色电视接收机的电路简单，主要缺点是对色相位敏感，容易出现彩色不稳定(变色)的现象。

二、PAL 制式的概念

PAL 制式又称“逐行倒相制”，于 1967 年开始用于广播，我国于 1972 年决定采用。

PAL 制式是针对 NTSC 制变色问题而出现的一种 NTSC 制的改良制式。PAL 制中，也采用了 NTSC 制的的平衡正交调制技术措施，但有以下两点不同：

1. 采用了色差信号(R－Y)、(B－Y)作为色度信号的两个分量，都以 0～1.5MHz 的带宽以残留边带方式传送。

2. 传送时，将两个色差信号之一的(R－Y)信号逐行倒相 180°，接收后再将(R－Y)信号复原。

同 NTSC 制相比，PAL 制的主要优点是颜色稳定度高，特别适合山区或城市高大建筑物多等电波反射复杂的场合。缺点是电视接收机的电路结构复杂。

三、制式转换电路的工作原理

由于任天堂原装游戏机在我国的普及率不高，机器的拥有量较小，故本节仅以图 3－12 为例简单介绍制式转换电路

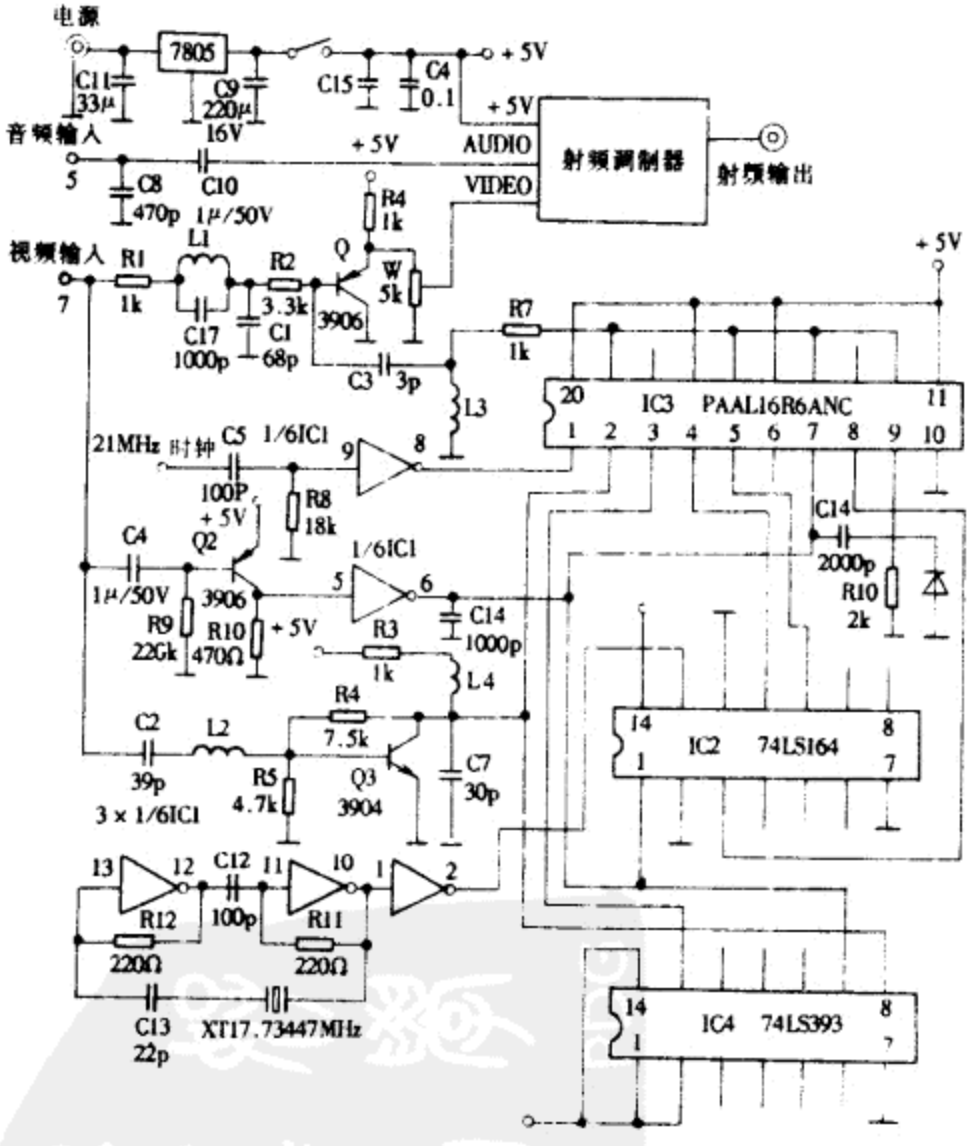


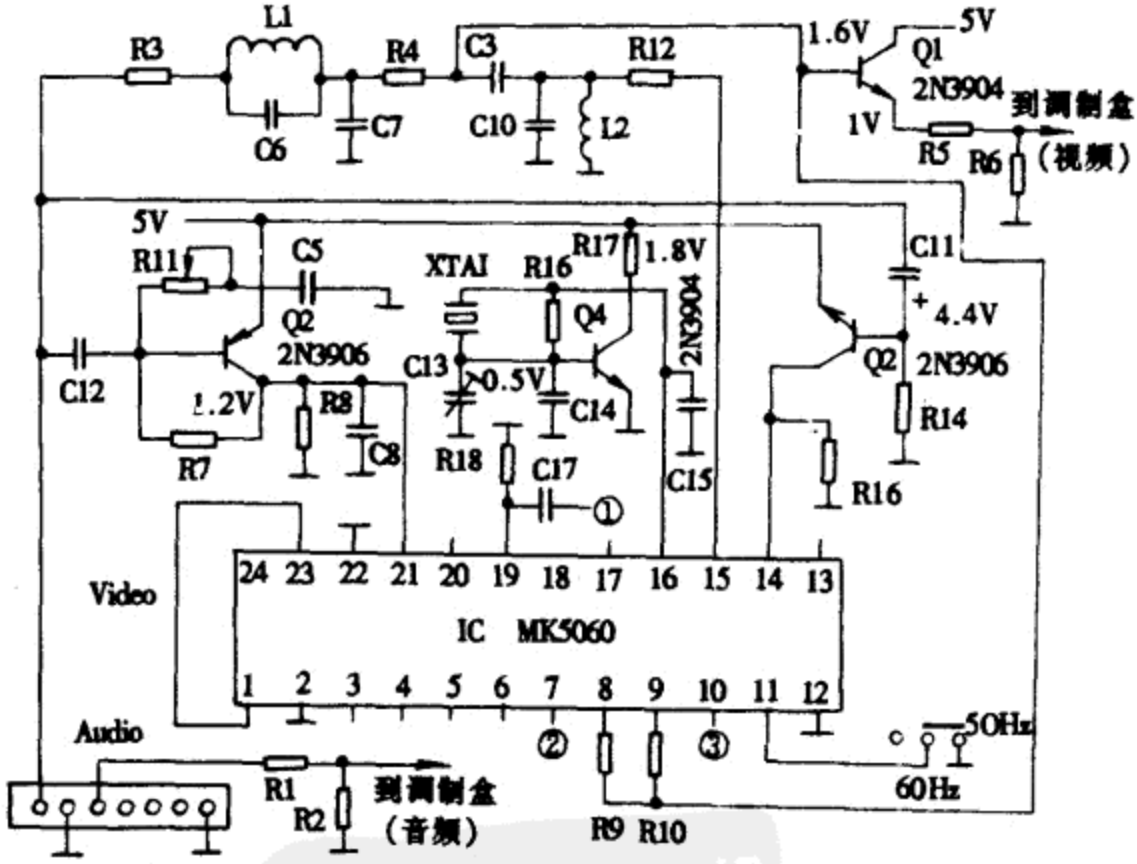
图 3－12　制式转换电路原理图

的工作原理。

图 3－12 中，NTSC 制视频信号经 Q1～Q3 三路分离后送到 IC3 进行处理，并由 Q1 的发射极把转换为 PAL－D 制式的视频信号送入射频调制器。IC3 是 PAL 可编程门阵列芯片，它把复杂的逻辑电路通过专用编程器固化在一块芯片上，以压缩门电路的数量，节约占用空间。

四、任天堂游戏机制式转换电路

常见任天堂游戏机的制式转换电路如图 3－13 所示。



①接电脑板 Q2C 极　②接电脑板 PPU18 脚　③接电脑板 74LS139　5 脚

④ 3,4,5,6,18,17 为空脚

图 3－13　任天堂游戏机制式转换电路原理图

第四节　电源电路

电脑学习机的电源由两部分组成：一部分为＋10V 的独立电源组件；一部分为安装在主机板上的稳压电路。

一、电源组件

电源组件由外壳、插头、交流电源变压器、整流二极管、滤波电容等组成，电路如图 3--14 所示。

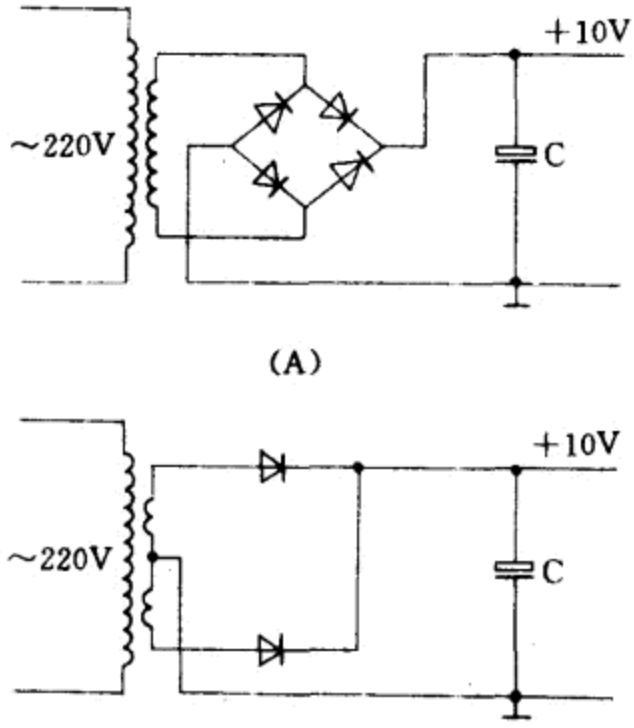


图 3—14　电源组件原理图

使用时，该组件直接插在 220V 的交流电源插座上，变压整流后输出的＋10V 直流电，通过一段导线输入主机。

二、稳压电路

稳压电路一般由专用集成稳压器 7805 和滤波电容器构成。电路如图 3－15 所示。

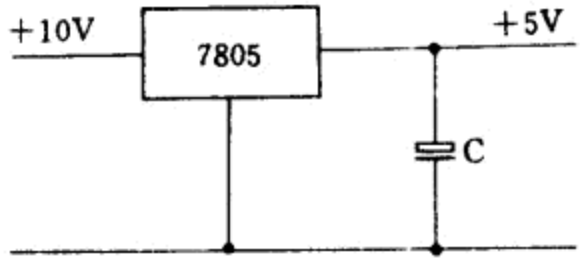


图 3－15　集成稳压电路

通过稳压电路处理后，输出稳定、平滑的＋5V 电压供电脑学习机各部分使用。

第四章　游　戏　卡

任天堂游戏卡的外观几何尺寸，一般为宽 107 毫米、高 110 毫米(包括防尘盖)、厚 17 毫米的黄色长方体(早期的游戏卡高为 72 毫米，蓝色、绿色居多)。拔下防尘盖可从开口处看到印刷电路板的插脚，每面有 30 条引线，两面共 60 条。60 条插脚正是任天堂游戏卡与其它游戏卡(如雅达利、世嘉等)的区别标志。游戏卡盒的一面有斜角，它相对应于游戏机开口的斜角，由它保证在游戏卡插入游戏机时，不至于插反而损坏电路元器件。游戏卡的内部是一块有 60 条插脚的印刷电路板，上面装有两块或多块大规模集成电路——游戏程序存储器，还装有门电路或其它电子元、器件。门电路、电子元、器件的多少、存储器容量的大小因游戏节目的长短、多寡、难易而有所不同。因此，就游戏卡内部结构而言将有多种分类：若按节目的多少划分，可分为只有一个节目的单卡、多个节目合在一起的合卡；若按卡的容量划分可分为低 K 卡、高 K 卡、强卡、超强金卡等。

本章将从低档单节目游戏卡的结构分析开始，讨论存储器的存储空间切换、高档单节目卡的结构、低 K 节目合卡的结构、高 K 节目合卡的结构、其它类型游戏合卡的结构以及游戏卡的加密和解密等内容。

第一节　低档单节目游戏卡

在单节目卡中，也有低、中、高档卡之分，节目容量在40K以下的单卡是最基本的结构。这种游戏卡中一般有两块芯片，一块芯片的容量为16K字节(对24K卡而言)或32K字节(对40K卡而言)，用于存放游戏管理程序；另一块芯片的容量为8K字节，用于存放背景、卡通字模数据。其电路原理如图4－1所示。

图4－1中显示了游戏卡插座与游戏卡的电路连接关系。游戏卡插座的1～15脚与31～46脚为主机内CPU(中央处理器)和游戏卡中游戏管理程序存储器的连接引脚；16～30脚和47～60脚为主机内PPU(图象处理器)与游戏卡中字模数据(图象信息数据)存储器的连接引脚。主机内CPU对游戏卡中的游戏管理程序存储器的寻址位有15个，(A0～A14)，即能直接寻址32K字节(256K位，每个字节长8位)的存储器；D0～D7为CPU的数据信号线；第44脚ROMS为游戏管理程序存储器的选通信号，低电平有效；14脚R/W为CPU对游戏管理程序存储器的读写控制信号，高电平时读、低电平时写；DA0～DA13为PPU的地址信号线，用于PPU对游戏卡内的字模存储器寻址，由于DA13常用作字模存储器的片选信号，即DA13＝0时选通字模存储器、DA13＝1时选通主机内的图象处理器RAM，故PPU对游戏卡中字模的直接寻址能力为8K字节(64K位)；DB0～DB7为PPU的数据信号线；17脚OE为字模存储器的选通信号，低电平时有效。

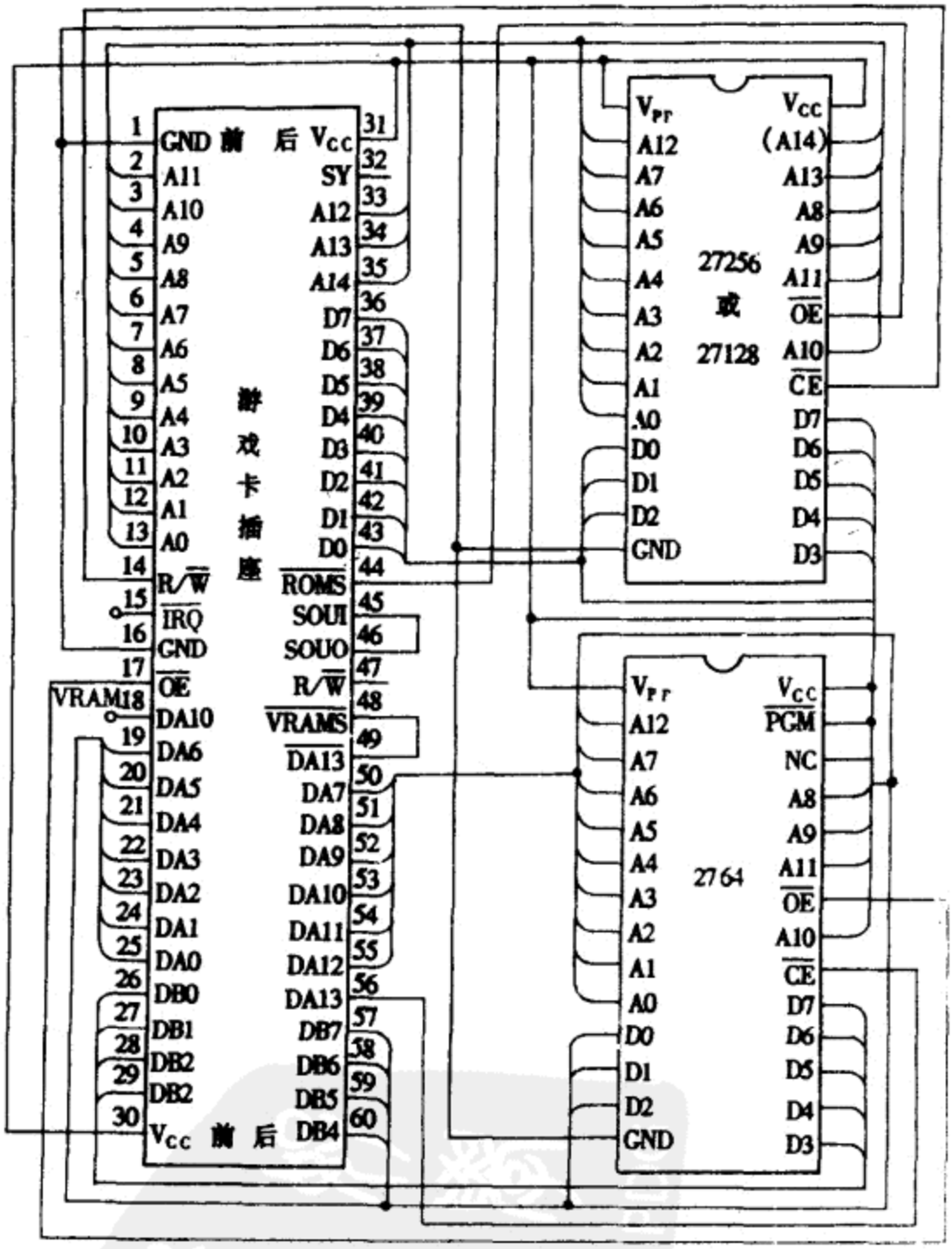


图 4—1　40K 以下单节目游戏卡电原理图

当节目容量大于 40K 时，CPU 将不能直接完全访问游戏程序管理存储器(当游戏管理程序大于 32K 字节时)，PPU 也不能直接完全访问字模存储器(当字模容量大于 8K 字节时)。这时，将用到存储器的存储体空间切换技术。

第二节　存储体空间切换

对每一个游戏存储器芯片来说，都有两类地址：绝对地址(通常称为物理地址)和相对地址(通常称为程序地址或逻辑地址)。

32K 芯片的物理地址为 $00000～$7FFF，其程序地址则为 $8000～$FFFF，也是 32K。显然程序地址可以包容芯片的全部物理地址。

128K 芯片的物理地址为 $00000～$1FFFF，而其程序地址仍为 $8000～$FFFF。显然，这时的程序地址已不能完全包容芯片的物理地址。解决的方法是：将芯片的物理地址分段，CPU 或 PPU 对存储器进行分段访问。

任天堂游戏软件的分段方法有两种，主要体现在游戏管理程序的分段上。一种以 32K 字节为单位分段、一种以 16K 字节为单位分段。字模程序均以 8K 字节为单位进行分段。

以 16K 为单位分段的 128K 字节的游戏管理程序结构如图 4－2 所示。

关于各存储体的切换控制一般是通过一块 74LS161(可预置四位二进制计数器)门电路实现的。切换电路原理如图 4－3 所示。

0 段	16K	第一存储体，程序地址：$8000～$BFFF
1 段	16K	第二存储体，程序地址：$8000～$BFFF
2 段	16K	第三存储体，程序地址：$8000～$BFFF
3 段	16K	第四存储体，程序地址：$8000～$BFFF
4 段	16K	第五存储体，程序地址：$8000～$BFFF
5 段	16K	第六存储体，程序地址：$8000～$BFFF
6 段	16K	第七存储体，程序地址：$8000～$BFFF
7 段	16K	第八存储体，程序地址：$C000～$FFFF

图 4—2　128K 游戏管理程序分段示意图

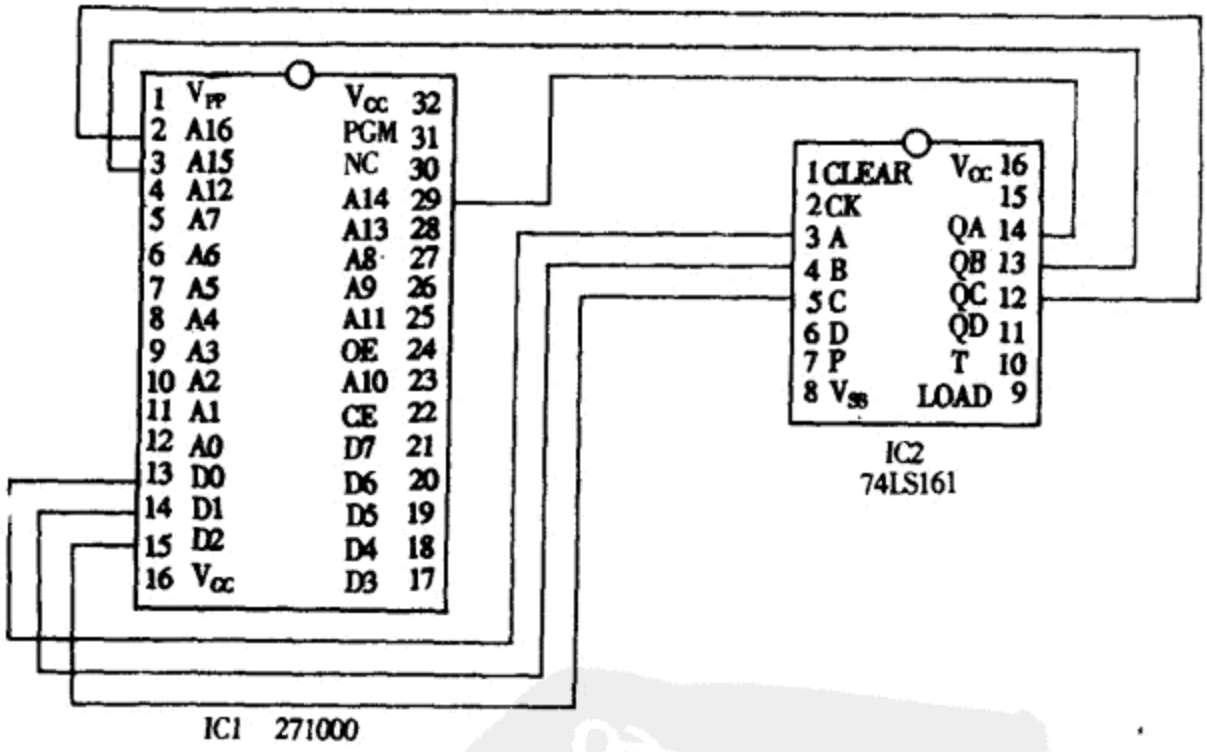


图 4—3　程序芯片段切换电原理图

16K 分段的存储体的切换控制程序一般放在第八存储体的 $C000～$FFFF 地址中，程序形式如下：

```
PHA
LDA  # $0N
STA  $FFFF
PLA
JMP  $XXXX
```

其中“N”为切换数据，即存储体的段号；“XXXX”为欲转往该存储体程序的地址。

对照图 4—3 可明显看出 IC1 的各段物理地址与切换数据的对应关系如表 4—1 所示。

表 4—1　128K 游戏程序芯片的物理地址与切换数据的对应关系一览表

D2 D1 D0	A16 A15 A14	逻辑地址
0 0 0	0 0 0	0000 ～ 3FFF
0 0 1	0 0 1	4000 ～ 7FFF
0 1 0	0 1 0	8000 ～ BFFF
0 1 1	0 1 1	C000 ～ FFFF
1 0 0	1 0 0	10000 ～ 13FFF
1 0 1	1 0 1	14000 ～ 17FFF
1 1 0	1 1 0	18000 ～ 1BFFF
1 1 1	1 1 1	1C000 ～ 1FFFF

第三节　高档单节目游戏卡

下面仅以《魂斗罗》一代 128K 压缩版的单卡为例介绍高

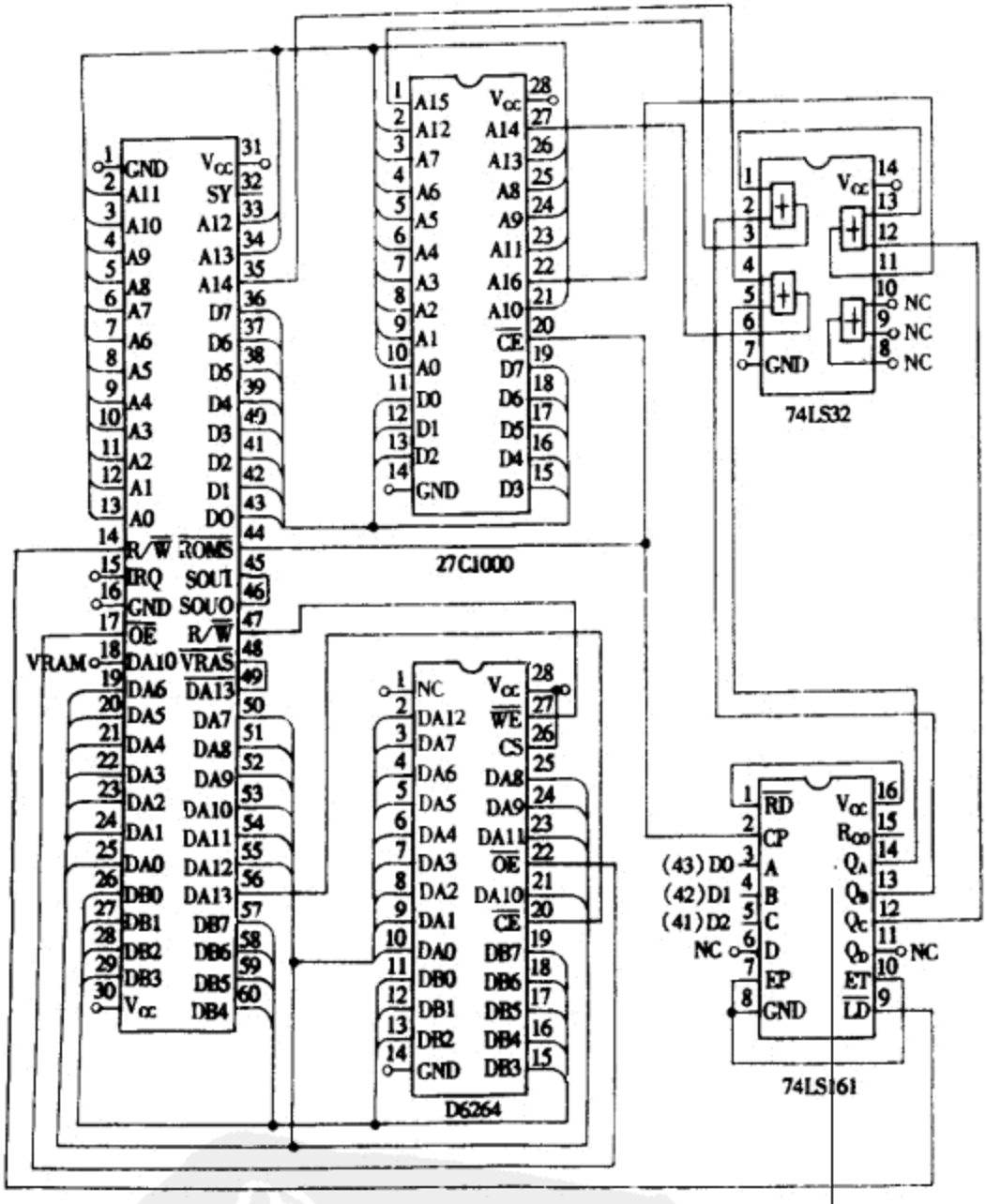


图 4—4 《魂斗罗》一代游戏卡电路原理图

档游戏卡的硬件结构。

一、电路原理图

《魂斗罗》一代游戏卡的电路原理见图 4－4。

二、段切换电路

为便于讨论，特把图 4－4 中有关段切换电路简化于图 4－5。

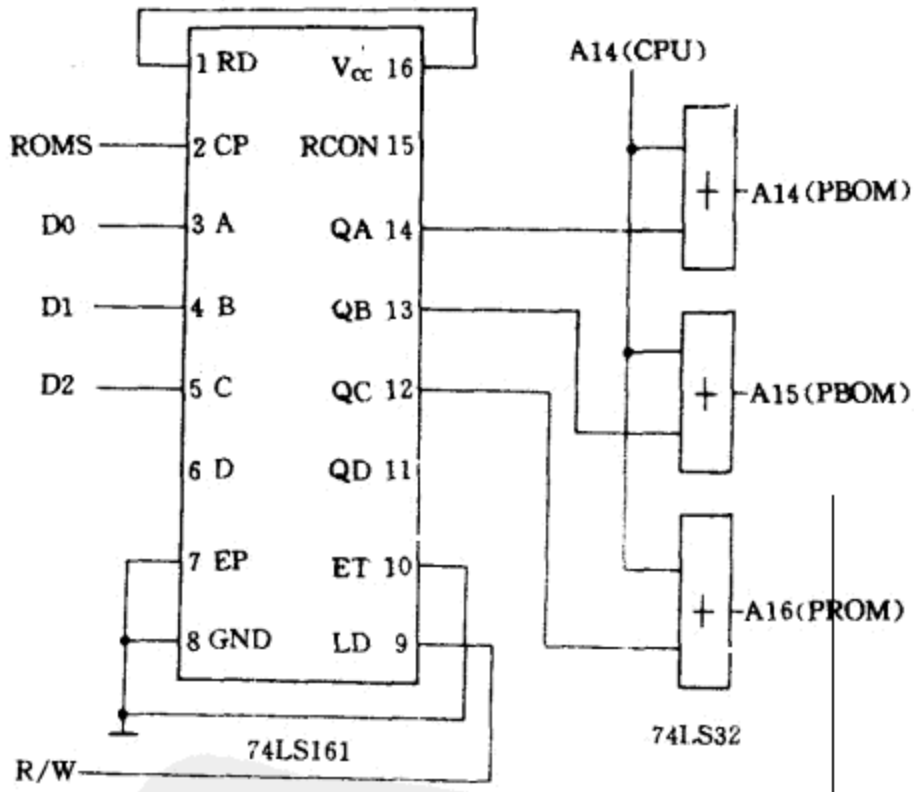


图 4－5 《魂斗罗》存储体段切换电原理图

三、74LS161 的功能

74LS161 是一个 4 位十进制同步计数器，异步时清除。其逻辑功能表见表 4－2。

表 4－2　74LS161 功能表

输　　入					输　出
CP	LD	RD	EP	ET	Q
×	×	L	×	×	全"L"
↑	L	H	×	×	预置数据
↑	H	H	H	H	计数
×	H	H	L	×	保持
×	H	H	×	L	保持

74LS161 的工作波形对应关系见图 4－6。

四、存储体空间切换原理

《魂斗罗》一代游戏卡的存储体空间切换原理如下：

图 4－5 中使用了数据线 D0～D2 控制 74LS161 的三个输入端，以控制八段存储体的空间切换，使 0～6 段的逻辑地址映射到 8000～BFFFH；并使用了四 2 或门电路 74LS32 的三个 2 或门，使第七段的逻辑地址映射到 C000～FFFFH。段切换电路原理如下：

当选 0 段时，D0～D2 为 000，从而有 PROM 的 A14～A16 全为 0，故选中了 PROM 物理地址的 00000～3FFFH 共 16K 空间。当程序中对 8000～BFFFH 地址操作时，即对应了该段空间；

当选 6 段时，D0～D2 为 110，从而有 PROM 的 A14＝0、

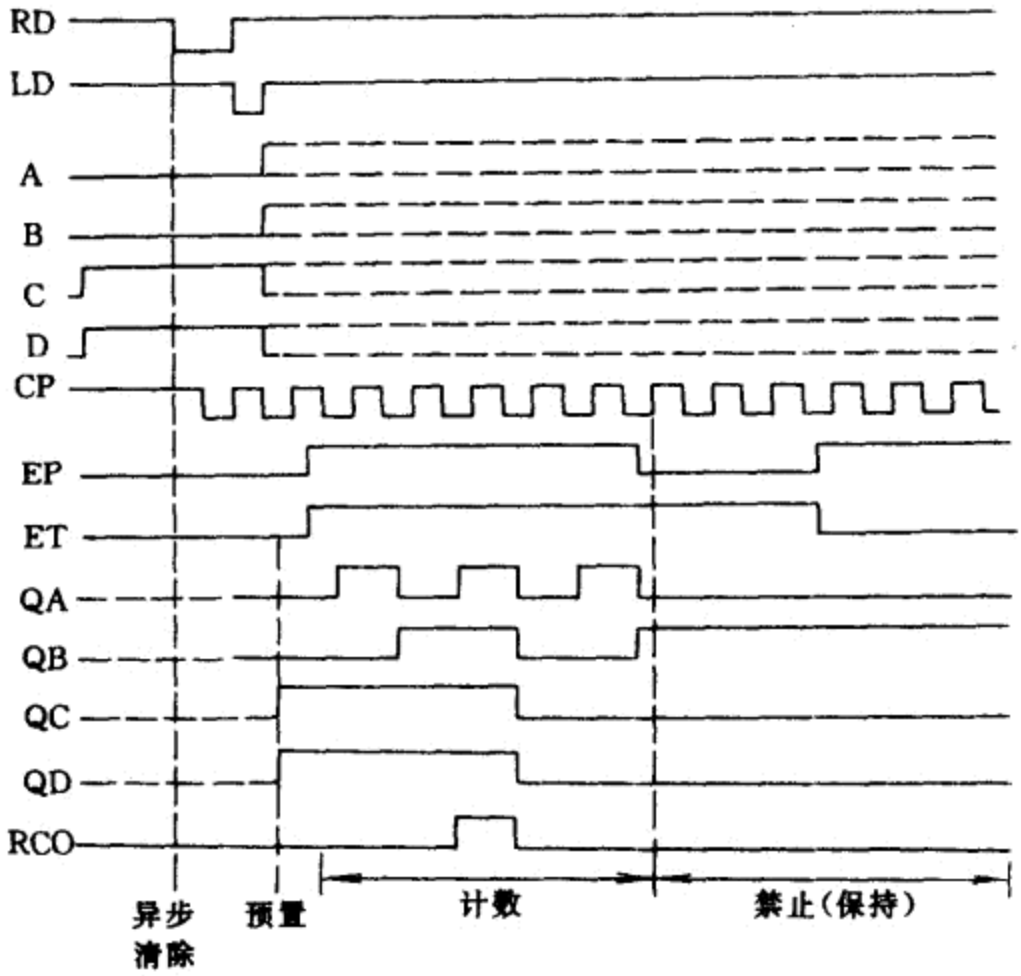


图 4－6　74LS161 的工作波形图

A15＝1、A16＝1，故选中了 PROM 物理地址的 18000～1BFFFH 共 16K 空间。当程序中对 8000～BFFFH 地址操作时，即对应了该段空间；

当选 1～5 段时，其对应情况分析与以上基本相同。

当程序中对 C000～FFFFH 操作时，有 A14＝1，这时通过三个或门电路使 PROM 的 A14～A16 全为 1，故选中 PROM 物理地址的 1C000～1FFFFH 共 16K 空间。从而保证了第七段的逻辑地址为 C000～FFFFH。

同理，VROM 的段切换也是采取这种方式实现的。

第四节　低K节目合卡

由于多游戏节目合卡中关系到多个游戏节目的程序地址和字模地址的段切换，故其电路结构要比单节目卡复杂的多。16合1黄金合卡就是较典型的一个。16合1卡的节目清单如下：

16　IN　1

超级　玛丽	SUPER MARIO
撞　　球	LUNAR BALL
超时空要塞	MACROSS
火　箭　车	ROAD FIGHT
机车　大赛	EXCITE BIKE
马　戏　团	CIRCUS
魔鬼　世界	DEVIL WORLD
接　　龙	CLU CLU LAND
大　金　刚	DONKEY KONG
金块　一代	LODE RUNNER
金块　二代	LODE RUNNER 2
猫捉　老鼠	MAPPY
水管　一代	MARIO BROS
星际　大战	STAR JUSTER
爱的　小屋	MILK AND NUTS
魂斗罗一代	CONTORA

显然，16合1卡由一个128K节目（魂斗罗）、一个40K节目（超级玛丽）和14个24K节目共4兆位容量的存储器构成。

一、16 合 1 游戏卡的电路原理图

16 合 1 游戏卡的电路原理如图 4--7 所示。

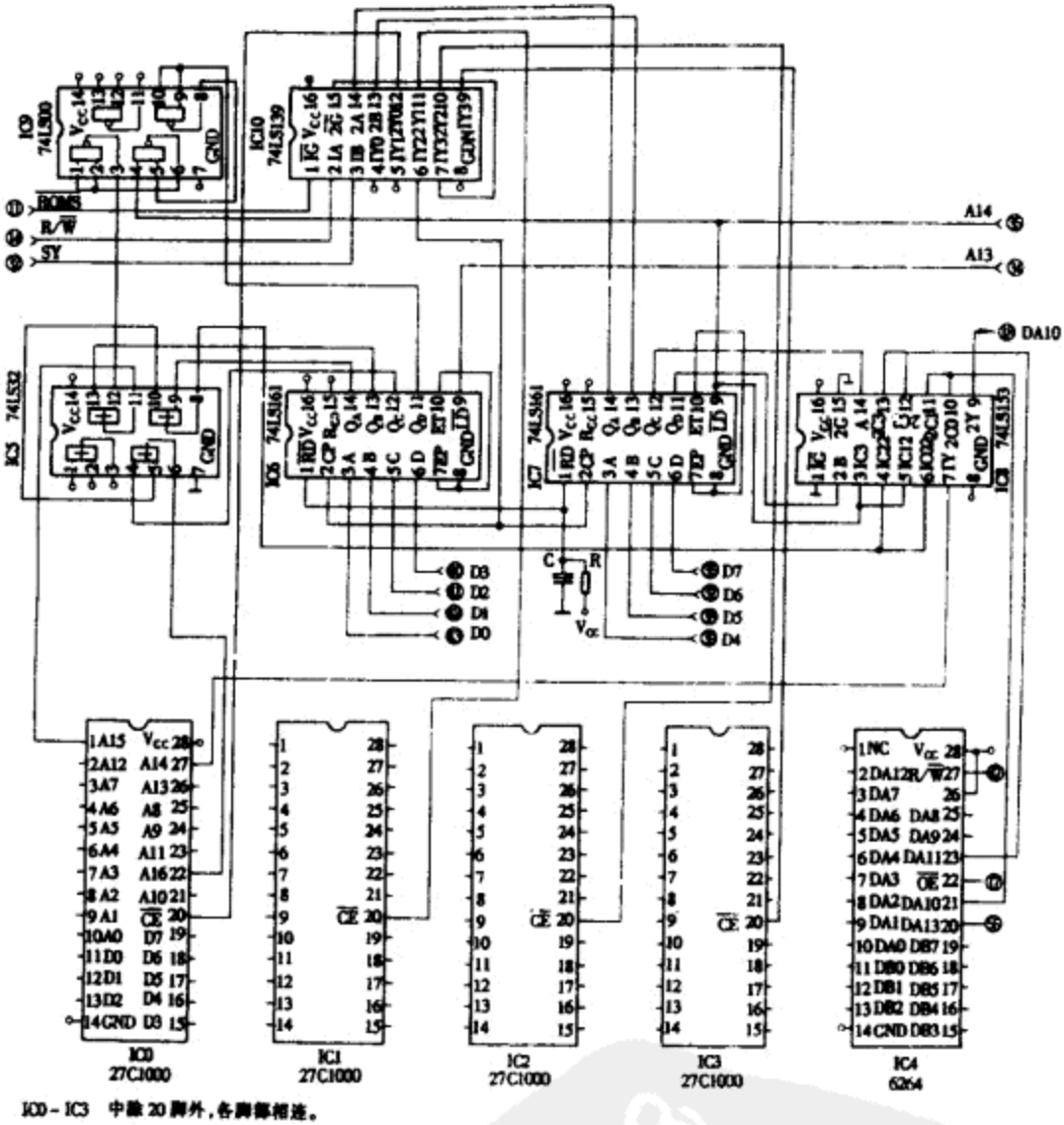


图 4--7　16 合 1 游戏卡电路原理图

16 合 1 游戏卡中，各游戏节目的字模数据存储为 8K 字节的动态随机存储器，它没有存储体的切换问题，每个游戏

的字模数据是通过程序控制送入的。

图 4－7 中 IC0～IC3 为四块 1 兆位的存储器，用于存储游戏管理程序和字模数据。它们之间除第 20 脚片选信号输入端分别接入 IC10 的 9～12 脚外其它各脚全部并连。IC4 为 8K 字节的动态存储器(RAM)用于存放选中节目的字模数据。IC5 用于选择存储器的 A15、A16 脚以选择段号。IC6 为 74LS161 四位十进制计数器用于选段计数。IC7 也是 74LS161 用于片选计数和横纵向选择控制。IC8 用于选择游戏背景画面的横纵向。IC9 用于控制选中节目的地址影射于 $8000～$FFFF 或 $C000～$FFFF。

二、16 合 1 卡中 ROM 的片选控制

由图 4－7 可见，16IN1 卡中有四块相同容量的存储器，游戏中只能有一块 ROM 工作，这是通过控制每个芯片的片选信号输入端(CE)而实现的。16 合 1 卡中的片选信号是由 74LS139(IC10)控制发出的。74LS139 是双 2 线－4 线译码器，其功能见表 4－3。

表 4－3　74LS139 功能表

输　入			输　出			
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
1	×	×	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0
×	×	×	1	1	1	1

片选控制过程如下：当 ROMS 信号为低电平、SY(RDY)信号为高电平、R/W 信号为低电平时(写 ROM)，LS139 的 1Y2 脚为低电平，使 LS161 的 CP 端为低电平，因开机后 LS161 的 RD 脚由低电平上升为高电平，并维持高电平，故当 R/W 为高电平时，在 CP 脉冲的上升沿，LS161 计数，读入 D0～D7 位的信号分别存于两个 LS161 的 QA～QD。这时，LS139 的 1Y3 为低电平，故其 2G 端为低电平有效，由 LS161 锁存的 D5、D4 信号输入 LS139 的 2A、2B 端，从而控制了 LS139 的 2Y0～2Y3 的输出电平。其对应关系见表 4－4。

表 4－4　74LS139 片选信号对照一览表

输　入		输　出				中的
D5	D4	2Y0	2Y1	2Y2	2Y3	ROM
0	0	0	1	1	1	IC0
0	0	1	0	1	1	IC1
1	0	1	1	0	1	IC2
1	1	1	1	1	0	IC3

可见，切换数据的 D5、D4 位控制 ROM 的片选信号。

三、16 合 1 卡中游戏画面的纵横向控制

我们知道，游戏机中的 VRAM 为 2K 字节的存储器，它只能存储两幅画面的数据，由于各个游戏的特点不同，有的游戏两幅画面横向排列，如《超级玛丽》、《机车大赛》等，有的游戏画面则纵向排列，如《火箭车》等。因此，在合卡中必须根据每个游戏的要求，控制选择 VRAM 的 A10 或 A11，以控制

两幅画面的排列方式。16 合 1 游戏画面纵横向的控制由 IC7(74LS161)的 QC、QD 信号经 IC8 实现。IC8(74LS153)是双 4 线－1 线数据选择器，其功能见表 4－5。

表 4－5　74LS153 功能表

输　入							输出
B	A	C0	C1	C2	C3	G	Y
×	×	×	×	×	×	1	0
0	0	0	×	×	×	0	0
0	0	1	×	×	×	0	1
0	1	×	0	×	×	0	0
0	1	×	1	×	×	0	1
1	0	×	×	0	×	0	0
1	0	×		1	×	0	1
1	1	×	×	×	0	0	0
1	1	×	×	×	1	0	1

画面的纵横向控制过程如下：由图 4－7 可见，IC7 的 QC、QD 信号(切换数据的 D7、D6 位)控制着 IC8 的 A、B 信号输入端，而 2C0、2C1 相接于 IC4 的 DA10 地址线，2C2、2C3 则相接于 IC4 的 DA11 地址线。由表 4－5 可知，在 A、B 信号恒定时，输出信号 2Y 电平的高低完全取决于 DA10 或 DA11 电平的高低，它们的对应关系如表 4－6。

由表 4－6 可见，切换数据的 D7、D6 位与 PPU 的 DA10、DA11 共同控制着游戏画面的横纵向。

表 4—6　74LS153 横纵向对应关系一览表

输入				输出 VRAM 的 DA10
D7	D6	DA10	DA11	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

四、16 合 1 卡中程序存储器 ROM 的选段控制

由于 IC0～IC3 都是 1 兆位的 ROM，故每一块 ROM 都被分为 8 段，段选信号控制着 ROM 的 A14～A16 三根地址线。仔细观察这三根地址线的控制除 A14 与《魂斗罗》不同外，A15、A16 与《魂斗罗》的控制方法完全相同，而 A14 则是通过 IC8 的上部分（下部分用于控制画面的纵横向）1Y 控制的。由图 4—7 可见，IC8 的 1C0、1C2 接于 IC5 的 8 脚，受切换数据的 D0、D3 位和 CPU 的 A14 地址信号控制，IC8 的

1C1、1C3 则直接与CPU 的 A14 地址线相连。显然，ROM 的 A14 地址信号受切换数据的 D7、D6、D3、D0 位和 CPU 的 A14 地址信号控制。它们之间的对应关系见表 4－7。

表 4－7　ROM 的 A14 信号与 D7、D6、D3、D0 和 CPU 的 A14 的对应关系

输入									输出
D7	D6	D0	CPU	D3					1Y
B	A	QA	A14	QD	1C0	1C1	1C2	1C3	A14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A15 的控制与切换数据的 D3、D1 位以及 CPU 的 A14 有关。当 D1＝1 时 A15＝1；当 D3＝0、CPU 的 A14＝1 时 A15

=1。

A16 的控制与切换数据的 D2、D3 位以及 CPU 的 A14 有关。当 D2=1 时 A16=1；当 D3=0、CPU 的 A14=1 时 A16=1。

五、16 合 1 卡中节目选择的软件处理

为使读者对合卡中节目的选择以及片选信号、段选信号、横纵向信号的产生控制等操作有一个明确的概念和认识，特将 16 合 1 游戏卡的菜单处理程序列出，并注以简要说明。

复位程序入口

```
E000 4C0AE0 JMP  $E00A
E003 4C38E0 JMP  $E038
E006 4C09E0 JMP  $E009
```

中断处理。作用：根据选项按键移动选项箭头标志。

```
E00A 48      PHA
E00B A902    LDA  #$02
E00D 8D1440  STA  $4014
E010 E605    INC  $05
E012 A505    LDA  $05        ;$05 单元控制箭头的闪烁
E014 291F    AND  #$1F        周期
E016 C910    CMP  #$10
E018 A92B    LDA  #$2B
E01A 9002    BCC  $E01E
E01C A924    LDA  #$24
E01E 8D0102  STA  $0201      ;卡通块在字库中的序号为
E021 A506    LDA  $06         24H
E023 0A      ASL
```

```
E024 0A       ASL
E025 0A       ASL
E026 8D0302   STA  $0203    ;定义卡通显示的X坐标。
E029 A507     LDA  $07      在本菜单中.卡通的X坐
E02B 0A       ASL           标是固定的. 此处使用了
E02C 0A       ASL           $06单元,是为了菜单的
E02D 0A       ASL           通用性。
E02E 8D0002   STA  $0200    ;定义卡通显示的Y坐标。
E031 A9C0     LDA  #$C0
E033 8D0202   STA  $0202    ;卡通块的显示状态参数
E036 68       PLA           为C0H。
E037 40       RTI
```

菜单主控处理程序

```
E038 78       SEI
E039 D8       CLD
E03A A210     LDX  #$10
E03C AD0220   LDA  $2002
E03F 10FB     BPL  $E03C
E041 CA       DEX
E042 D0F8     BNE  $E03C    ;延时
E044 A900     LDA  #$00
E046 8500     STA  $00
E048 8501     STA  $01
E04A 8503     STA  $03
E04C 8502     STA  $02
E04E 8508     STA  $08
E050 8D0020   STA  $2000
```

```
E053 8D0120   STA  $2001
E056 A908     LDA  #$08
E058 8506     STA  $06
E05A 8507     STA  $07        ;有关单元置初值
E05C A000     LDY  #$00
E05E A9F8     LDA  #$F8
E060 990002   STA  $0200,Y
E063 C8       INY
E064 C8       INY
E065 C8       INY
E066 C8       INY
E067 D0F7     BNE  $E060      ;清卡通定义区
E069 A200     LDX  #$00
E06B 2032E3   JSR  $E332      ;选0段,取$8000～$9FFF
E06E AD75E1   LDA  $E175       的数据送入字模区。
E071 AC74E1   LDY  $E174
E074 20B4E2   JSR  $E2B4      ;向PPU的$3F00～$3F0F
E077 AD30E1   LDA  $E130       置配色数据。
E07A AC2FE1   LDY  $E12F
E07D 20B4E2   JSR  $E2B4      ;向背景0页置配色数据。
E080 A920     LDA  #$20
E082 8D0620   STA  $2006
E085 A900     LDA  #$00
E087 8D0620   STA  $2006
E08A A924     LDA  #$24
E08C A0C0     LDY  #$C0
E08E A204     LDX  #$04
```

```
E090 8D0720   STA  $2007
E093 88       DEY
E094 D0FA     BNE  $E090
E096 CA       DEX
E097 D0F7     BNE  $E090     ;清屏
E099 AD8AE1 LDA  $E18A
E09C AC89E1 LDY  $E189
E09F 20E2E0   JSR  $E0E2     ;送显菜单。
E0A2 A998     LDA  #$98
E0A4 8D0020   STA  $2000
E0A7 A91A     LDA  #$1A
E0A9 8D0120   STA  $2001
E0AC A900     LDA  #$00
E0AE 8D0520 STA  $2005
E0B1 8D0520   STA  $2005     ;画面定位。
E0B4 2007E3   JSR  $E307     ;读操纵器按键.
E0B7 2925     AND  #$25
E0B9 F002     BEQ  $E0BD
E0BB E608     INC  $08       ;是下、右、SELECT 键令
E0BD A503     LDA  $03         $08+1,使箭头下移。
E0BF 290A     AND  #$0A
E0C1 F002     BEQ  $E0C5
E0C3 C608     DEC  $08       ;是左、上键令$08-1,
E0C5 A508     LDA  $08         使箭头上移。
E0C7 290F     AND  #$0F
E0C9 8508     STA  $08       ;限制$08单元的数值在
E0CB 18       CLC              0~0FH之间。
```

```
E0CC 6908     ADC #$08
E0CE 8507     STA $07
E0D0 A503     LDA $03
E0D2 29D0     AND #$D0     ;不是START、A、B
E0D4 F0DE     BEQ $E0B4     键则继续读键。
E0D6 2007E3   JSR $E307    ;是以上三键则检查该按键
E0D9 A502     LDA $02      是否松开。
E0DB D0F9     BNE $E0D6
E0DD A608     LDX $08      ;若已经松开按键则转
E0DF 4CD5E2   JMP $E2D5     $E2D5进行后续处理。
```

向PPU送数子程序。完成菜单画面的绘制等。

```
E0E2 8501     STA $01
E0E4 8400     STY $00
E0E6 20A0E2   JSR $E2A0    ;从$00、$01单元指
E0E9 291F     AND #$1F     向的地址中读出一个数据，
E0EB 8504     STA $04      并令$00+1。
E0ED 20A0E2   JSR $E2A0    ;读数。
E0F0 291F     AND #$1F
E0F2 48       PHA
E0F3 0A       ASL
E0F4 0A       ASL
E0F5 0A       ASL
E0F6 0A       ASL
E0F7 0A       ASL
E0F8 0504     ORA $04
E0FA A8       TAY
E0FB 68       PLA
```

```
E0FC 4A      LSR
E0FD 4A      LSR
E0FE 4A      LSR
E0FF 0920    ORA # $20
E101 8D0620  STA $2006
E104 8C0620  STY $2006    ;置 PPU 地址。
E107 20A0E2  JSR $E2A0
E10A F022    BEQ $E12E    ;读数=0,返回。
E10C C920    CMP # $20    ;读数<20,改变 PPU
E10E 90D9    BCC $E0E9     地址。
E110 2019E1  JSR $E119    ;读数=20 时,向 PPU
E113 8D0720  STA $2007     送入 24H。
E116 4C07E1  JMP $E107
E119 C920    CMP # $20
E11B D003    BNE $E120
E11D A924    LDA # $24
E11F 60      RTS
E120 48      PHA          ;读数≥20、≤39 时,
E121 4930    EOR # $30     令读数-30 送入 PPU。
E123 C90A    CMP # $0A    ;读数>39 时,令读数减
E125 68      PLA           37H→PPU。
E126 B003    BCS $E12B
E128 4930    EOR # $30
E12A 60      RTS
E12B 38      SEC
E12C E937    SBC # $37
E12E 60      RTS
```

菜单数据。

```
E12F                                                  31
E130 E1 23 C0 40 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
E140 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
E150 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
E160 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00   以上是配色数据。
E170 00 00 00 00 76 E1 3F 00 10 0E 25 25 25 0F 00 00   以下是菜单数据。
E180 00 0F 00 00 00 0F 00 00 00 8B E1 09 08 20 31 20   1
E190 53 55 50 45 52 20 42 52 4F 53 09 09 20 32 20 4C   SUPER BROS 2 L
E1A0 55 4E 41 52 20 42 41 4C 4C 09 0A 20 33 20 4D 41   UNAR BALL 3 MA
E1B0 43 52 4F 53 53 09 0B 20 34 20 52 4F 41 44 20 46   CROSS 4 ROAD F
E1C0 49 47 48 54 45 52 09 0C 20 35 20 45 58 43 49 54    IGHTER 5 EXCIT
E1D0 45 42 49 4B 45 09 0D 20 36 20 43 49 52 43 55 53   EBIKE 6 CIRCUS
E1E0 20 43 48 41 42 4C 49 [illegible] 09 0E 20 37 20 44 45 56   CHABLIE 7 DEV
E1F0 49 4C 20 57 4F 52 4C 44 09 0F 20 38 20 43 4C 55   IL WORLD 8 CLU
E200 20 43 4C 55 20 4C 41 4E 44 09 10 20 39 20 44 4F    CLU LAND 9 DO
E210 4E 4B 45 59 20 4B 4F 4E 47 09 11 31 30 20 4C 4F    NKEY KONG 10 LO
E220 44 45 20 52 55 4E 4E 4E 45 52 20 31 09 12 31 31    DE RUNNER 1 11
E230 20 4C 4F 44 45 20 52 55 4E 4E 4E 45 52 20 32 09   LODE RUNNER 2
E240 13 31 32 20 4D 41 50 50 59 09 14 31 33 20 57 41   12 MAPPY 13 WA
E250 54 45 52 20 42 52 4F 53 09 15 31 34 20 53 54 41   TER BROS 14 STA
E260 52 20 46 49 47 48 54 09 16 31 35 20 4E 55 54 53    R FIGHT 15 NUTS
E270 20 4D 49 4C 4B 09 17 31 36 20 43 4F 4E 54 52 41   MILK 16 CONTRA
E280 02 04 31 39 38 39 20 43 4F 4D 50 55 54 45 52 20   1989 COMPUTER
E290 31 36 49 4E 31 20 47 41 4D 45 20 43 41 52 44 00   16IN1 GAME CARD
```

从$00、$01单元指向的地址中读出一个数据，令$00+1。

```
E2A0 A200    LDX #$00
E2A2 A100    LDA ($00,X)
E2A4 48      PHA
E2A5 A500    LDA $00
E2A7 18      CLC
```

```
E2A8 6901     ADC # $01
E2AA 8500     STA $00
E2AC A501     LDA $01
E2AE 6900     ADC # $00
E2B0 8501     STA $01
E2B2 68       PLA
E2B3 60       RTS
```

从数据区取出数据送入 PPU。

```
E2B4 8501     STA $01
E2B6 8400     STY $00
E2B8 20A0E2   JSR $E2A0
E2BB 8D0620   STA $2006
E2BE 20A0E2   JSR $E2A0
E2C1 8D0620   STA $2006     ;置 PPU 首址。
E2C4 20A0E2   JSR $E2A0     ;取出送数计数值入栈。
E2C7 48       PHA
E2C8 20A0E2   JSR $E2A0
E2CB 8D0720   STA $2007
E2CE 68       PLA
E2CF 38       SEC
E2D0 E901     SBC # $01
E2D2 D0F3     BNE $E2C7     ;令计数器减一,不为 0 则
E2D4 60       RTS           ;继续送数。
```

按 START 键后的处理程序。首先送切换程序于二页;然后送字模;最后转 $200 切换子程序。

```
E2D5 A000     LDY # $00
E2D7 8C0020   STY $2000
```

```
E2DA 8C0120  STY $2001
E2DD B9F1E2  LDA $E2F1,Y
E2E0 990002  STA $0200,Y
E2E3 C8      INY
E2E4 D0F7    BNE $E2DD     ;送切换子程序。
E2E6 BDF7E2  LDA $E2F7,X
E2E9 48      PHA
E2EA 2032E3  JSR $E332     ;送字模。
E2ED 68      PLA
E2EE 4C0002  JMP $0200     ;转切换子程序。
```

切换子程序及各节目切换数据。

```
E2F1 8D 00 80 6C FC FF 68 2A 2B AC 2D 2E AF B8 B9
E300 3A 3B 3C 3D 3E 3F 10
```

读操纵器子程序。

```
E307 A901    LDA #$01
E309 8D1640  STA $4016
E30C A900    LDA #$00      ;按键与键码的对应关系
E30E 8D1640  STA $4016     ;SELECT 20
E311 A208    LDX #$08      ;START  10
E313 48      PHA           ;A  80
E314 AD1640  LDA $4016     ;B  40
E317 0D1740  ORA $4017     ;上  8
E31A 2903    AND #$03      ;下  4
E31C C901    CMP #$01      ;左  2
E31E 68      PLA           ;右  1
E31F 2A      ROL
E320 CA      DEX
```

```
E321 D0F0     BNE $E313
E323 8503     STA $03
E325 4502     EOR $02
E327 2503     AND $03
E329 48       PHA
E32A A503     LDA $03
E32C 8502     STA $02
E32E 68       PLA
E32F 8503     STA $03
E331 60       RTS
```

根据X寄存器的数据决定读取字模的地址。X的D0=1,字模首址为$8000;D0=1，字模首址为$A000。X的D2～D0位决定段号。

```
E332 8A       TXA
E333 4A       LSR
E334 2907     AND #$07
E336 8D00C0   STA $C000
E339 A980     LDA #$80
E33B 9002     BCC $E33F
E33D A9A0     LDA #$A0
E33F 8501     STA $01
E341 A000     LDY #$00
E343 8400     STY $00
E345 8C0620   STY $2006
E348 8C0620   STY $2006
E34B A220     LDX #$20
E34D B100     LDA ($00,Y)
```

```
E34F 8D0720    STA  $2007
E352 C8        INY
E353 D0F8      BNE  $E34D
E355 E601      INC  $01
E357 CA        DEX
E358 D0F3      BNE  $E34D
E35A 60        RTS
```

根据菜单切换程序和图 4－7，可汇总出 16 合 1 游戏卡各节目的字模存储 ROM 芯片编号和字模数据段号及字模首址于表 4－8，各节目程序存储 ROM 芯片编号和段号于表 4－9。

表 4－8　16 合 1 游戏卡字模数据地址汇总表

节目序号	节目名称	节目容量	切换数据	ROM 编号				字模段号	字模首址
				0	1	2	3		
1	超级玛丽	40K	68	※				0	8000
2	撞球	24K	2A	※				0	A000
3	超时空要塞	24K	2B	※				1	8000
4	火箭车	24K	AC	※				1	A000
5	机车大赛	24K	2D	※				2	8000
6	马戏团	24K	2E	※				2	A000
7	魔鬼世界	24K	AF	※				3	8000
8	接龙	24K	B8	※				3	A000
9	大金刚	24K	B9	※				4	8000
10	金块一代	24K	3A	※				4	A000
11	金块二代	24K	3B	※				5	8000
12	猫捉老鼠	24K	3C	※				5	A000
13	水管一代	24K	3D	※				6	8000

续表

节目序号	节目名称	节目容量	切换数据	ROM编号				字模段号	字模首址
				0	1	2	3		
14	星际大战	24K	3E	※				6	A000
15	爱的小屋	24K	3F	※				7	8000
16	魂斗罗一代	128K	10						
	菜单	8K	0	※				0	8000

表 4－9　16 合 1 游戏卡程序存储芯片编号、段号汇总表

节目序号	节目名称	节目容量	切换数据	ROM编号				字模段号	字模首址
				0	1	2	3		
1	超级玛丽	40K	68			※		0、1	8000
2	撞球	24K	2A			※		2	C000
3	超时空要塞	24K	2B			※		3	C000
4	火箭车	24K	AC			※		4	C000
5	机车大赛	24K	2D			※		5	C000
6	马戏团	24K	2E			※		6	C000
7	魔鬼世界	24K	AF			※		7	C000
8	接龙	24K	B8				※	0	C000
9	大金刚	24K	B9				※	1	C000
10	金块一代	24K	3A				※	2	C000
11	金块二代	24K	3B				※	3	C000
12	猫捉老鼠	24K	3C				※	4	C000
13	水管一代	24K	3D				※	5	C000
14	星际大战	24K	3E				※	6	C000
15	爱的小屋	24K	3F				※	7	C000
16	魂斗罗一代	128K	10		※			1～8	8000
	菜单	8K	0	※				7	E000

由表 4－8、4－9 可见，16 合 1 游戏卡的 IC0 用于存放 1

～15 游戏节目的字模数据和菜单程序，正好占满 128K 字节；IC1 用于存放《魂斗罗》128K 的游戏程序(字模包含在程序的数据区中)；IC2 用于存放 1～7 七个游戏的程序，除《超级玛丽》的程序容量是 32K 外，其它六个均为 16K 字节，也正好占满 128K 字节；IC3 则用于存放第 8～第 15 八个游戏节目的程序，每个游戏占 16K 字节，也正好占满 128K 字节。由此可见，16 合 1 游戏卡的节目组合是十分合理的。

第五节　高 K 节目合卡

随着超大规模集成电路制造工艺的完善和提高，大容量 ROM 已迅速投放市场。从而使游戏卡的结构得到了简化。同样的 4 兆位合卡在 16 合 1 卡中要使用 4 块 1 兆位的 ROM，而在高 K 节目合卡中，仅使用一块 4 兆位的存储器即可实现相同功能。下面仅以 4 合 1 卡为例介绍高 K 节目合卡的结构。四合一卡组合了四个 1 兆位容量的游戏节目，分别是《海湾战争》、《神探亨特》、《高空滚球》、《有奖赛车》。电路原理见图 4－8。

图 4－8 中 IC1 为 4 兆位的静态只读存储器，用于存储 512K 字节的游戏程序；IC2(6264)为 8K 字节的动态读写存储器，用于存放背景、卡通图形字模；IC3(CD4024)为 7 位同步二进制串行计数器，用于选择游戏节目(该合卡没有选项菜单，节目的切换靠开关游戏机电源开关实现)；IC4(74LS32)为四－2 输入或门电路，主要用于控制选择存储器的某段逻辑地址映射于 $C000～$FFFF；IC5(74LS161)为 4 位二进制同步计数器，用于段号切换；IC6(74LS157)为双 2 选 1 数据选择器，用于控制画面的纵横向；IC7(74LS05)为六

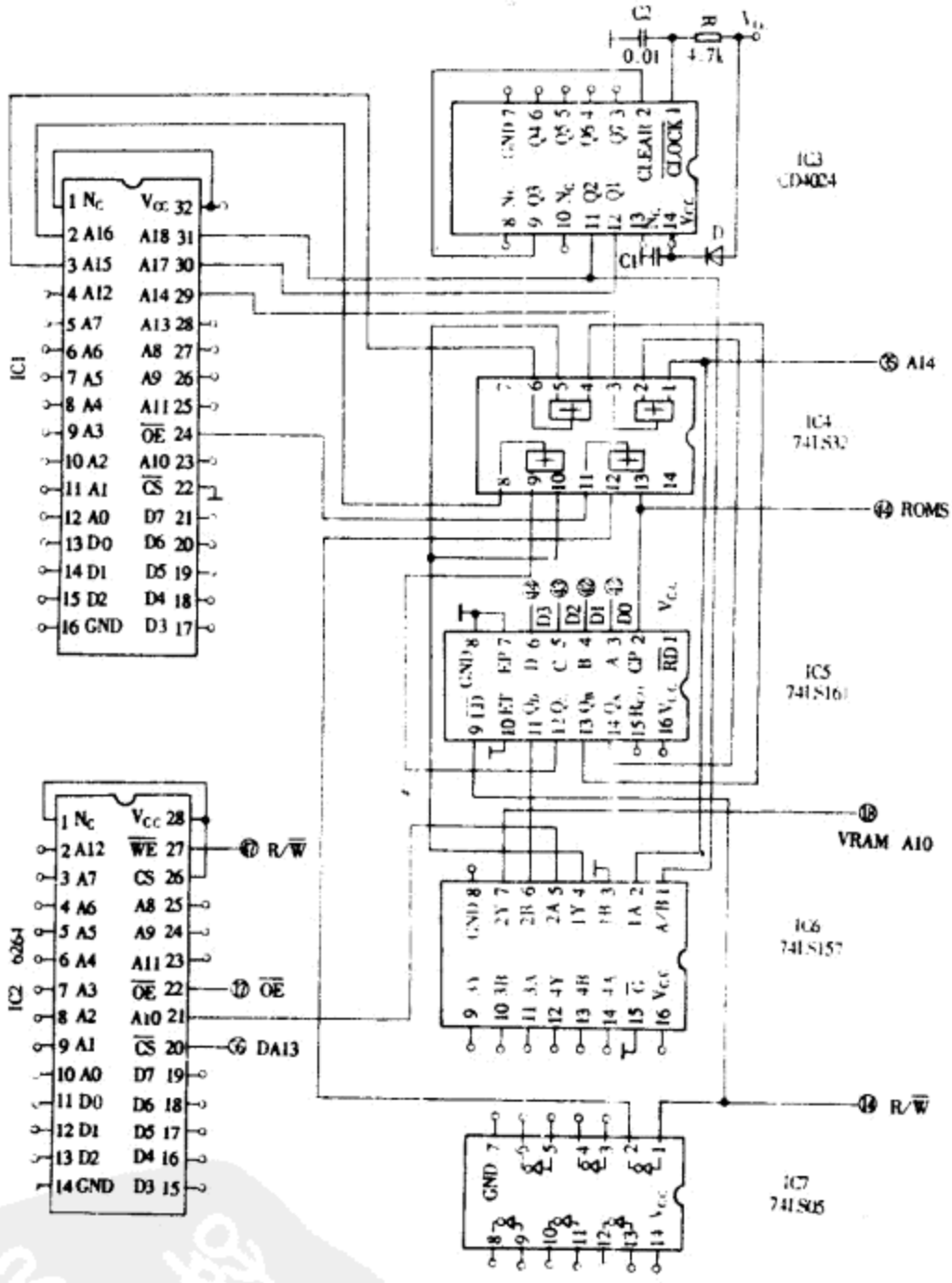


图 4—8　4 合 1 游戏卡电路原理图

反相器，在此仅使用了其中的一个反相器，用于读 ROM 时选通 IC1。

一、游戏节目的选择

游戏节目的选择是在 IC3 的控制下，通过通断游戏机电源实现的。选择过程如下：CD4024 是 7 位同步二进制计数器，其工作波形如图 4－9 所示。

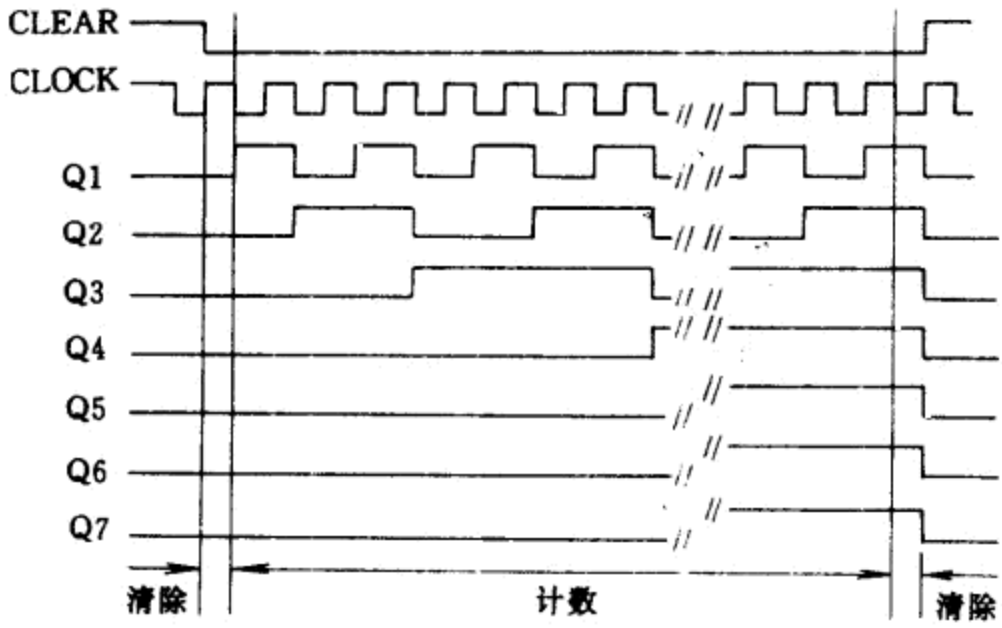


图 4－9　CD4024 工作波形图

游戏机最初接通电源时，IC3 的 Q3 端为低电平，故 CLEAR 端为低电平，开始计数。在接通电源的瞬间，正电源 VCC 通过电阻 R 对电容 C2 充电，由于 R、C 电路的微分作用，CLOCK 端为低电平，故 Q1、Q2 都为低电平，即 A17＝0、A18＝0，故切换 IC1 逻辑地址的 $0000～$1FFFF 空间共 128K 字节，选中第一个节目——海湾战争。

电容 C2 的充电过程结束后，IC3 的 CLOCK 端为高电平。当关断游戏机电源时，由于二极管的反向电阻极大，相当于切断了电容 C1 的放电回路，故 C1 的充电电压维持了

CD4024 的当前状态；但 C2 上面的充电电压则通过 R 放电(C2 上的残留电压的高低与关断游戏机电源时间的长短有关)。

当又接通电源时，CLOCK 端由高电平变为低电平，故 Q1 端上升为高电平，这时 A17＝1、A18＝0，故切换 IC1 逻辑地址的 $20000～$3FFFF 空间共 128K 字节，选中第二个节目——神探亨特。

当第二次关断、接通电源，IC3 又计一次数，故有 A17＝0、A18＝1，切换 IC1 逻辑地址的 $40000～$5FFFF 空间共 128K 字节，选中第三个节目——高空滚球。

当第三次关断、接通电源时，A17＝1、A18＝1，切换 IC1 逻辑地址的 $60000～$7FFFF 空间共 128K 字节，选中第四个节目——有奖赛车。

当第四次关断、接通电源时，IC3 的 Q3 端为高电平，即 CLEAR 端为高电平，将使计数器清除复位，又选中第一个节目。如此周尔复始。

二、ROM 段号的切换

每个节目中段号的切换由 IC2、IC3 通过切换数据的 D0、D1、D2 位控制，数据与段号的对应关系与《魂斗罗》相同，不多赘述。IC2 的第四个或门用于产生 IC1 的 OE 信号。显然，IC1 的 OE 信号由 R/W、ROMS 信号双重控制。

三、画面纵横向的控制

画面纵横向由切换数据的 D5 位和 IC6 控制。IC6 (74LS157)是双 2 选 1 数据选择器(多路转换器)，其功能见表 4－10。

表 4－10　74LS157 功能表

输　入				输 出
G	A/B	A	B	
1	×	×	×	0
0	0	0	×	0
0	0	1	×	1
0	1	×	0	0
0	1	×	1	1

读者可对照图 4－8 和表 4－10 自行分析画面纵横向的控制过程。

第六节　其它游戏合卡的结构

当前市场上流行特多节目合卡，如 100 合 1、300 合 1、500 合 1、1000 合 1 等等。这些合卡看起来似乎容量应该很大，实际则不然。它是把一个游戏的每一关列为一个节目，如《金块一代》游戏有 50 关，在这种合卡中则分为 50 个节目，分别给它们安排一个好听的节目名称。因此，这类游戏卡的容量并不大，说穿了是故弄悬虚。但由于这类游戏卡的市场占有量较大，特讨论如下。

一、36 合 1 游戏卡的结构

36 合 1 游戏卡上标注的游戏目录如下：

01 小蜜蜂　　GALAXIAN
02 打气球　　BALLOON
03 忍者一代　　NINJA 1

04 南极冒险	ADVENTURE 1
05 90 坦克	90TANK
06 火箭车	ROAD FIGHTER 1
07 星际终结者	GALAXIAN 2
08 东方忍者	NINJA 2
09 漂浮英雄	BALLOON 2
10 飞天企鹅	ADVENTURE 2
11 火凤凰	EXERION 1
12 战车	90TANK 1
13 宇宙大争霸	GALAXIAN 3
14 红衣忍者	NINJA 3
15 浮球竞技	BALLOON 3
16 鱼与熊	ADVENTURE 3
17 空战奇兵	EXERION 2
18 公路竞赛	ROAD FIGHTER 2
19 魔甲奇兵	GALAXIAN 4
20 北方忍者	NINJA 4
21 特技伞兵	BALLOON 4
22 捕鱼英雄	ADVENTURE 4
23 红巾特攻队	SKY DESTROYER
24 气球使者	BALLOON 5
25 重装机兵	GALAXIAN 5
26 绿衣忍者	NINJA 5
27 高段竞赛	ROAD FIGHTER 3
28 飞越冰河	ADVENTURE 5
29 气球岛	BALLOON 6
30 南方忍者	NINJA 6

31 超级坦克　　90TANK 2
32 勇闯北极圈　　ADVENTURE 6
33 银河神鹰　　GALAXIAN 6
34 障碍大赛　　ROAD FIGHTER 4
35 魔球游侠　　BALLOON 7
36 紫罗兰忍者　　NINJA 7

从以上目录的英文注释中可以明显看出，所谓36合1只不过是由《小蜜蜂》、《气球岛》、《忍者一代》、《南极冒险》、《90坦克》、《火箭车》、《火凤凰》、《红巾特攻队》8个24K的游戏节目组成。节目总容量为192K字节，即128K字节程序、64K字节字模数据。该游戏卡的电路原理如图4—10所示。

图4—10中，IC1用于存放8个游戏节目的控制程序，每个占16K字节，共占128K字节。IC2用于存放8个游戏节目的字模数据，每个占8K字节，共占64K字节。IC3用于IC1、IC2中游戏程序、字模地址的切换。切换数据由CPU地址线A2、A1、A0控制。切换数据与游戏节目的对应关系见表4—11。

表4—11　36合1切换数据与游戏节目对照表

A2	A1	A0	游戏名称	A2	A1	A0	游戏名称
0	0	0	小蜜蜂	1	0	0	坦克
0	0	1	气球岛	1	0	1	忍者
0	1	0	火凤凰	1	1	0	火箭车
0	1	1	特攻队	1	1	1	南极冒险
0	0	0	菜单				

由表4—11可见，36合1游戏卡的菜单处理程序与《小蜜蜂》游戏共用16K字节。

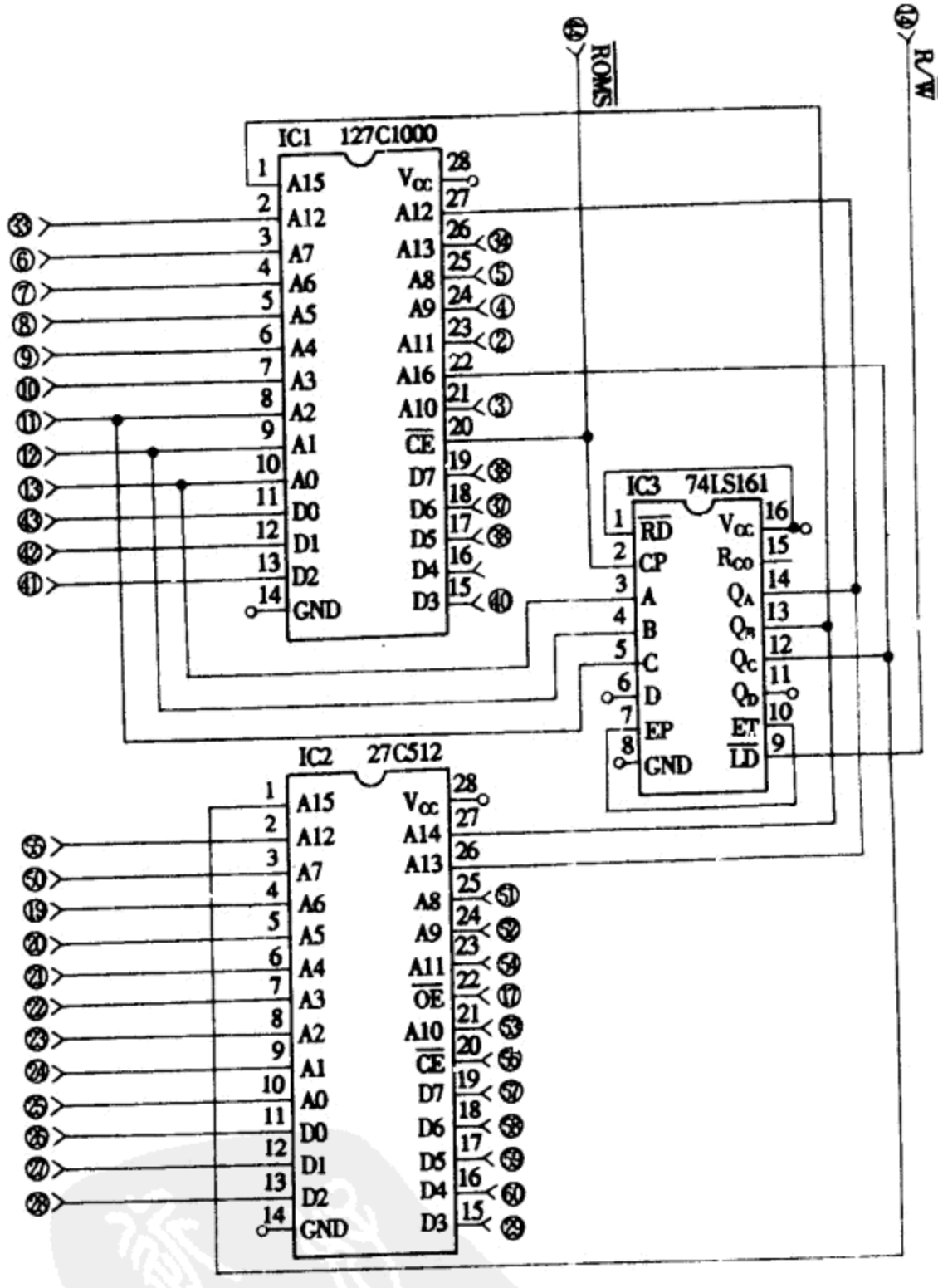


图 4－10　36 合 1 游戏卡电路原理图

二、8 合 1 游戏卡的结构

由图 4－10 可见，36 合 1 游戏卡的节目切换数据使用了 CPU 的地址线，与《魂斗罗》游戏的切换方式不同。实质上使用 CPU 的数据线或地址线效果是一样的，只不过在使用地址线作切换数据时，数据线还可带一个数据留作它用。下面仅以低 K 节目 8 合 1 游戏卡为例介绍使用地址线切换节目的工作过程。

8 合 1 游戏卡的电路原理如图 4－11 所示。

8 合 1 游戏卡的节目菜单如下：

1 飞天战神　　CHEXDER
2 铁板阵　　XEVIOUS
3 电梯　　ELEVATOR ACTION
4 拆屋工　　WRECKING CREW
5 超强飞天战神　　EASY CHEXDER
6 超强铁板阵　　SUPER XEVIOUS
7 飞天战神(1)　　CHEXDER(1)
8 飞天战神(2)　　CHEXDER(2)

显然，所谓 8 合 1 卡实际上仅仅是 4 个 40K 容量游戏节目的合卡。其切换程序如下：

复位处理入口

```
F600 78       SEI
F601 D8       CLD
F602 A910     LDA #$10
F604 8D0020   STA $2000
F607 EA       NOP
F608 EA       NOP
```

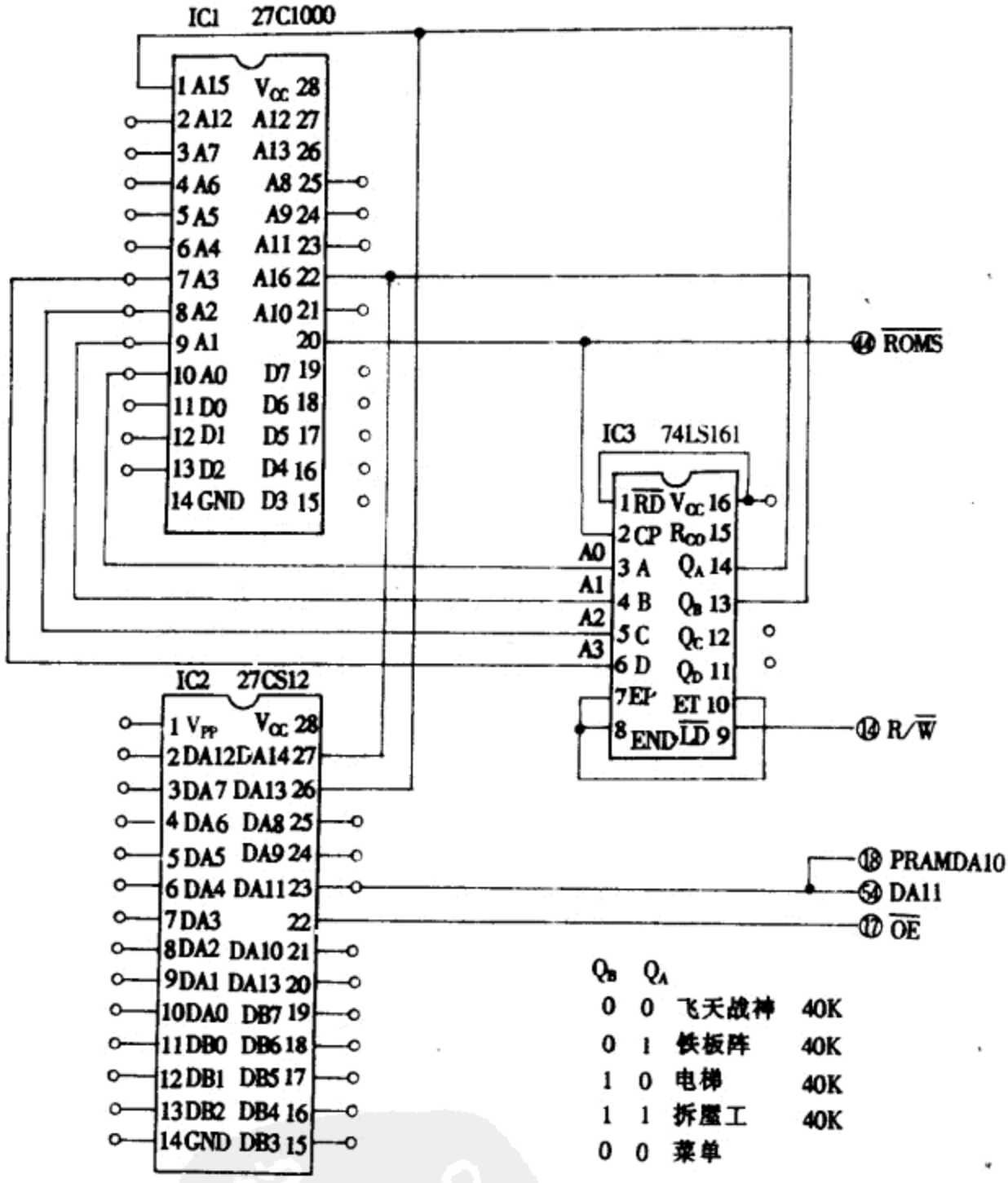


图 4－11　8 合 1 游戏卡电路原理图

F609 EA　　NOP

```
F60A A2FF    LDX #$FF
F60C 9A      TXS
F60D AD0220  LDA $2002
F610 10FB    BPL $F60D
F612 A007    LDY #$07
F614 8401    STY $01
F616 A000    LDY #$00
F618 8400    STY $00
F61A 98      TYA
F61B 9100    STA ($00,Y)
F61D C8      INY
F61E D0FB    BNE $F61B
F620 C601    DEC $01
F622 10F7    BPL $F61B  ;令$00～$7FF=0
F624 A900    LDA #$00
F626 85FF    STA $FF
F628 A906    LDA #$06
F62A 85FE    STA $FE
F62C 8D0120  STA $2001  ;令$FE=6,置$2001单元记
                        忆初值
F62F A900    LDA #$00
F631 8D0520  STA $2005
F634 8D0520  STA $2005  ;显示画面定位
F637 2024F8  JSR $F824  ;清背景0页
F63A A900    LDA #$00
F63C 2050F7  JSR $F750  ;绘制选项菜单
F63F A903    LDA #$03
```

```
F641 8533      STA $33
F643 2003F8    JSR $F803   ;置选项箭头记忆单元初值,定
                           义箭头
F646 8D0520    STA $2005
F649 8D0520    STA $2005   ;画面定位
F64C EA        NOP
F64D 2051F8    JSR $F851   ;令$2000=18,选择字库
F650 2047F8    JSR $F847   ;开显示
```

以下是读操纵器按键处理

```
F653 AD0220    LDA $2002
F656 10FB      BPL $F653
F658 AD0220    LDA $2002
F65B 30FB      BMI $F658
F65D EA        NOP
F65E EA        NOP
F65F EA        NOP
F660 A900      LDA #$00
F662 8D0320    STA $2003
F665 A902      LDA #$02
F667 8D1440    STA $4014
F66A EA        NOP
F66B A538      LDA $38
F66D F00D      BEQ $F67C   ;按上、下键标志单元=0
                           转$F67C
F66F 2003F8    JSR $F803   ;$38≠0 则定义选项箭
                           头卡通
F672 A900      LDA #$00
```

```
F674 8D0520     STA  $2005
F677 8D0520     STA  $2005      ;画面定位
F67A A900       LDA  #$00
F67C 8539       STA  $39
F67E 8538       STA  $38        ;上、下键标志单元复位
F680 20B0F7     JSR  $F7B0      ;读操纵器
F683 A5F5       LDA  $F5
F685 293F       AND  #$3F
F687 D023       BNE  $F6AC      ;不是按 A、B 键则转移
F689 A5F7       LDA  $F7
F68B 292F       AND  #$2F
F68D D007       BNE  $F696
F68F A900       LDA  #$00
F691 8537       STA  $37
F693 18         CLC
F694 90C0       BCC  $F656      ;按 A、B 键则令 $37=
                                0,重新读键
F696 E637       INC  $37
F698 A537       LDA  $37
F69A C960       CMP  #$60
F69C F008       BEQ  $F6A6
F69E C9A0       CMP  #$A0
F6A0 90F1       BCC  $F693
F6A2 A960       LDA  #$60
F6A4 8537       STA  $37
F6A6 A5F7       LDA  $F7
F6A8 85F5       STA  $F5
```

```
F6AA D005      BNE $F6B1
F6AC A900      LDA #$00
F6AE 8537      STA $37
F6B0 EA        NOP
F6B1 EA        NOP
F6B2 EA        NOP
F6B3 A5F5      LDA $F5
F6B5 2908      AND #$08
F6B7 F012      BEQ $F6CB     ;不是按上键则转移
F6B9 A901      LDA #$01
F6BB 8538      STA $38
F6BD A533      LDA $33
F6BF D004      BNE $F6C5     ;按上键时:
F6C1 A908      LDA #$08      若$33≠0则令其减一;
F6C3 8533      STA $33       若$33=0时,表示选项
                             箭头已经指向
F6C5 C633      DEC $33       第一个游戏节目,故不再
                             移动箭头。转移
F6C7 18        CLC           重新读键。
F6C8 9089      BCC $F653
F6CA EA        NOP
F6CB A5F5      LDA $F5
F6CD 2904      AND #$04
F6CF F015      BEQ $F6E6     ;不是按下键则转移
F6D1 A901      LDA #$01
F6D3 8538      STA $38
F6D5 A533      LDA $33
```

```
F6D7 C907      CMP #$07      ;按下键时:
F6D9 D004      BNE $F6DF     若$33≠7 则令其加一;
F6DB A9FF      LDA #$FF      若$33=7 时,表示选项
                             箭头已经指向
F6DD 8533      STA $33       第 8 个游戏节目,故令
                             $33=FF,然后
F6DF E633      INC $33       再令其加一。
F6E1 18        CLC
F6E2 90E4      BCC $F6C8
F6E4 EA        NOP
F6E5 EA        NOP
F6E6 A5F5      LDA $F5
F6E8 2910      AND #$10
F6EA F0F5      BEQ $F6E1     ;不是按 START 键则转
                             移重新读键。
```

以下是按 START 键后的处理

```
F6EC 20B0F7    JSR $F7B0     ;按 START 键后,再读
F6EF A5F7      LDA $F7       一次按键,检查
F6F1 2910      AND #$10      是否松开START 键:若
                             未松开则继续读键等
                             待;若松开则向下执行
                             程序。
F6F3 D0F7      BNE $F6EC
F6F5 A900      LDA #$00
F6F7 8D0020    STA $2000
F6FA 8D0120    STA $2001     ;关显示
F6FD A533      LDA $33
```

```
F6FF 0A        ASL
F700 A8        TAY
F701 B998FB    LDA $FB98,Y  ;根据$33单元的数值对
F704 8501      STA $01        $01、$00单元设置切
                              换子程序数据区入口。
F706 C8        INY
F707 B998FB    LDA $FB98,Y
F70A 8500      STA $00
F70C A000      LDY #$00
F70E B100      LDA ($00,Y)
F710 990004    STA $0400,Y  ;读取切换子程序送入
                              $400～$413单元。
F713 C8        INY
F714 C014      CPY #$14
F716 90F6      BCC $F70E
F718 A900      LDA #$00
F71A 8500      STA $00
F71C 8501      STA $01
F71E A200      LDX #$00
F720 8A        TXA
F721 9D0040    STA $4000,X  ;关闭发声工作单元。
F724 E8        INX
F725 E008      CPX #$08
F727 90F8      BCC $F721
F729 8D1540    STA $4015
F72C A200      LDX #$00
F72E 8A        TXA
```

```
F72F 9500       STA $00,X     ;令$00～$FF=0
F731 9D0002     STA $0200,X   ;令$200～$2FF=0
F734 9D0003     STA $0300,X   ;令$300～$3FF=0
F737 9D0005     STA $0500,X   ;令$500～$5FF=0
F73A 9D0006     STA $0600,X   ;令$600～$6FF=0
F73D 9D0007     STA $0700,X   ;令$700～$7FF=0
F740 E8         INX
F741 D0EC       BNE $F72F
F743 4C0004     JMP $0400     ;转切换子程序。
```

置 PPU 首址，向 PPU 送数子程序

```
F750 0A         ASL
F751 AA         TAX
F752 BD60F8     LDA $F860,X
F755 8501       STA $01
F757 E8         INX
F758 BD60F8     LDA $F860,X
F75B 8500       STA $00       ;根据 A 寄存器的数据对
                              $01、$00 单元置入数
                              据区首址。
F75D A000       LDY #$00
F75F B100       LDA ($00,Y)
F761 3008       BMI $F76B     ;若读数>H7F 则转移。
F763 8D0720     STA $2007     ;若读数<H80
                              则送入 PPU。
F766 20A0F7     JSR $F7A0     ;令读数地址指针加一。
F769 90F4       BCC $F75F
F76B C9FF       CMP #$FF
```

```
F76D D001       BNE $F770      ;若读数=FF 则结束
                               置数操作。
F76F 60         RTS
F770 C9FE       CMP #$FE
F772 D015       BNE $F789      ;若读数=FE 则读出
F774 20A0F7     JSR $F7A0      后面的两个数据置
                               PPU 首地址,并令读数
                               地址指针加三。
F777 B100       LDA ($00,Y)
F779 8D0620     STA $2006
F77C 20A0F7     JSR $F7A0
F77F B100       LDA ($00,Y)
F781 8D0620     STA $2006
F784 20A0F7     JSR $F7A0
F787 90D6       BCC $F75F
F789 C9FD       CMP #$FD
F78B D0D6       BNE $F763      ;若读数=FD 则读出
F78D 20A0F7     JSR $F7A0      HFD 后面的第一个数据
                               作为计数器,读出其后
                               的数据送入 PPU。
F790 B100       LDA ($00,Y)
F792 AA         TAX
F793 20A0F7     JSR $F7A0
F796 B100       LDA ($00,Y)
F798 8D0720     STA $2007
F79B CA         DEX
F79C D0FA       BNE $F798
```

```
F79E F0E4       BEQ $F784
```

令读数地址指针加一子程序

```
F7A0 18         CLC
F7A1 A500       LDA $00
F7A3 6901       ADC #$01
F7A5 8500       STA $00
F7A7 A501       LDA $01
F7A9 6900       ADC #$00
F7AB 8501       STA $01
F7AD 18         CLC
F7AE 60         RTS
```

读操纵器控制处理子程序

```
F7B0 20D5F7     JSR $F7D5       ;读操纵器
F7B3 A4F5       LDY $F5
F7B5 A5F6       LDA $F6
F7B7 48         PHA             ;2#操纵器按键值压栈。
F7B8 20D5F7     JSR $F7D5       ;读操纵器
F7BB 68         PLA             ;出栈比较。
F7BC C5F6       CMP $F6         ;经该子程序处理后,1#
F7BE D0F3       BNE $F7B3        操纵器按键值存$F5、
F7C0 C4F5       CPY $F5          $F7单元,2#操纵器
F7C2 D0EF       BNE $F7B3       按键值存$F6、$F8
F7C4 A201       LDX #$01        单元。对应关系如下:
F7C6 B5F5       LDA $F5,X
F7C8 A8         TAY
F7C9 55F7       EOR $F7,X
F7CB 35F5       AND $F5,X
```

```
F7CD 95F5      STA  $F5,X
F7CF 94F7      STY  $F7,X
F7D1 CA        DEX
F7D2 10F2      BPL  $F7C6
F7D4 60        RTS
       读操纵器子程序
F7D5 A200      LDX  #$00

F7D7 E8        INX
F7D8 8E1640    STX  $4016
F7DB CA        DEX
F7DC 8E1640    STX  $4016
F7DF A208      LDX  #$08
F7E1 AD1640    LDA  $4016
F7E4 4A        LSR
F7E5 26F5      ROL  $F5    ;1#操纵器键值存$F5
F7E7 4A        LSR         ;2#操纵器键值存$F6
F7E8 26F3      ROL  $F3
F7EA AD1740    LDA  $4017
F7ED 4A        LSR
F7EE 26F6      ROL  $F6
F7F0 4A        LSR
F7F1 26F4      ROL  $F4
F7F3 CA        DEX
F7F4 D0EB      BNE  $F7E1
F7F6 A5F3      LDA  $F3
F7F8 05F5      ORA  $F5
```

按键	$F5	$F7	$F6	$F8
右	1	1	1	1
左	2	2	2	2
下	4	4	4	4
上	8	8	8	8
START	10	10	10	10
SELECT	20	20	20	20
A	40	40	40	40
B	80	80	80	80

```
F7FA 85F5     STA $F5
F7FC A5F4     LDA $F4
F7FE 05F6     ORA $F6
F800 85F6     STA $F6
F802 60       RTS
```

定义选项箭头子程序

```
F803 A9D3     LDA #$D3
F805 8D0102   STA $0201  ;$201=D3(卡通序号)
F808 A93D     LDA #$3D
F80A 8D0302   STA $0203  ;$203=3D(卡通的
                          X 坐标)
F80D A900     LDA #$00
F80F 8D0202   STA $0202  ;$202=00(卡通的显示状态)
F812 A94F     LDA #$4F
F814 A433     LDY $33
F816 F006     BEQ $F81E
F818 18       CLC
F819 6908     ADC #$08
F81B 88       DEY
F81C 10F8     BPL $F816  ;根据$33 单元的数据确定卡
                          通的 Y 坐标。
F81E 8D0002   STA $0200  ;$200=$33×8
F821 A900     LDA #$00
F823 60       RTS
```

清屏子程序

```
F824 A5FE     LDA $FE
F826 29E7     AND #$E7
```

```
F828 85FE      STA  $FE
F82A 8D0120    STA  $2001
F82D A920      LDA  #$20
F82F 8D0620    STA  $2006
F832 A900      LDA  #$00
F834 8D0620    STA  $2006
F837 A994      LDA  #$94
F839 A000      LDY  #$00
F83B A203      LDX  #$03
F83D 8D0720    STA  $2007
F840 88        DEY
F841 D0FA      BNE  $F83D
F843 CA        DEX
F844 10F7      BPL  $F83D
F846 60        RTS
```

调整$2001寄存器状态子程序

```
F847 A5FE      LDA  $FE
F849 0918      ORA  #$18
F84B 85FE      STA  $FE
F84D 8D0120    STA  $2001
F850 60        RTS
F851 A5FF      LDA  $FF
F853 EA        NOP
F854 EA        NOP
F855 A918      LDA  #$18
F857 8D0020    STA  $2000
F85A 60        RTS
```

PPU 配色、背景 0 页配色、菜单数据区

```
F860 F8 62 FE 3F 00 0F 2 2C 2C 0F 20 20 20 0F 2A 2A   PPU 配色数据
F870 2A 0F 25 0F 20 20 200F 20 20 20 0F 20 20 20 0F
F880 20 20 20 0F 0F CF FF23 C0 FD 10 55 0A 0A 0F 0A   背景 0 页配色数据
F890 0F 0B 0A 0A FD 28 00FE 20 CB 94 DC 94 E6 EB 94
F8A0 D5 FE 21 04 ED F2 F0E5 94 F2 94 E1 94 EC EF 94   菜单数据
F8B0 F0 F1 DE EF F1 94 DFF2 F1 F1 EC EB 94 FE 21 49   8 IN 1
F8C0 D5 94 E0 E5 E2 F5 E1E2 EF FE 21 69 D6 94 F5 E2   PUSH U D OR START
F8D0 F3 E6 EC F2 F0 FE 2189 D7 94 E2 E9 E2 F3 DE F1   BUTTON
F8E0 EC EF 94 DE E0 F1 E6EC EB FE 21 A9 D8 94 F4 EF   1 CHEXDER
F8F0 E2 E0 E8 E6 EB E4 94E0 EF E2 F4 FE 21 C9 D9 94   2 XEVIOUS
F900 E2 DE F0 F6 94 E0 E5E2 F5 E1 E2 EF FE 21 E9 DA   3 ELEVATOR ACTION
F910 94 F0 F2 ED E2 EF 94F5 E2 F3 E6 EC F2 F0 FE 22   4 WRECKING CREW
F920 09 DB 94 E0 E5 E2 F5E1 E2 EF 94 D5 FE 22 29 DC   5 EASY CHEXDER
F930 94 E0 E5 E2 F5 E1 E2EF 94 D6 FF FF 1A FF FF FF   6 SUPER XEVIOUS
                                                      7 CHEXDER 1
                                                      8 CHEXDER 2
```

八个菜单节目的切换子程序数据

```
FB00 A9 04 8D 84 FB A9 00 8D 80 01 4C E3 93 FF FF 01
FB10 A9 04 8D 84 FB A9 80 8D 80 01 4C E3 93 FF FF 05
FB20 A9 04 8D 84 FB A9 02 8D 80 01 4C E3 93 FF FF 07
FB30 A9 04 8D 84 FB A9 03 8D 80 01 4C E3 93 FF FF 08
FB40 A9 05 8D 85 FB A9 00 8D C0 01 4C 3D FB FF FF 02
FB50 A9 05 8D 85 FB A9 01 8D C0 01 4C 3D FB FF FF 06
FB60 A9 06 8D 86 FB A9 00 EA EA EA 4C 0E 80 FF FF 03
FB70 A9 07 8D 87 FB A9 00 EA EA EA 4C CD 9A FF FF 04
```

八个菜单节目切换子程序的数据地址

```
FB90 FB 00 FB 40 FB 60 FB 70
FBA0 FB 10 FB 50 FB 20 FB 30
```

综合8合1游戏卡的节目切换工作过程，可将有关信息汇总于表4—12。

表4－12　8合1游戏卡节目切换信息汇总表

节目名称	$33	子程序地址		节目切换地址	有效切换地址		存储器的段号
		$01	$00		A1	A0	
飞天战神	0	FB	00	FB84	0	0	0、1
铁板阵	1	FB	40	FB85	0	1	2、3
电梯	2	FB	60	FB86	1	0	4、5
拆屋工	3	FB	70	FB87	1	1	6、7
超强飞天战神	4	FB	10	FB84	0	0	0、1
超强铁板阵	5	FB	50	FB85	0	1	2、3
飞天战神 1	6	FB	20	FB84	0	0	0、1
飞天战神 2	7	FB	30	FB84	0	0	0、1

由表4－12可见，菜单中的所谓“超强”云云，只不过是选择了某个节目的某一关而已。（注——选项菜单处理程序与《飞天战神》共用一个32K 存储区。）

第七节　游戏软件的加密

为了保护游戏软件知识产权不受侵犯，许多游戏软件采取了不同种类的加密方法，这些方法千变万化、难易各异，现仅取几种常用的加密方法进行介绍。

一、ASIC 加密法

ASIC 为“专用集成电路”的缩写（Appliation -- Specific Integrated Circuit），ASIC 加密法在高档单卡和多节目合卡中经常使用，其特点是：把片切换、段切换中使用的所有门电路集成为一块40脚的专用综合切换门电路（见图4－12）。

由图4－12可见，采用这种门电路后，由于人们不能直观

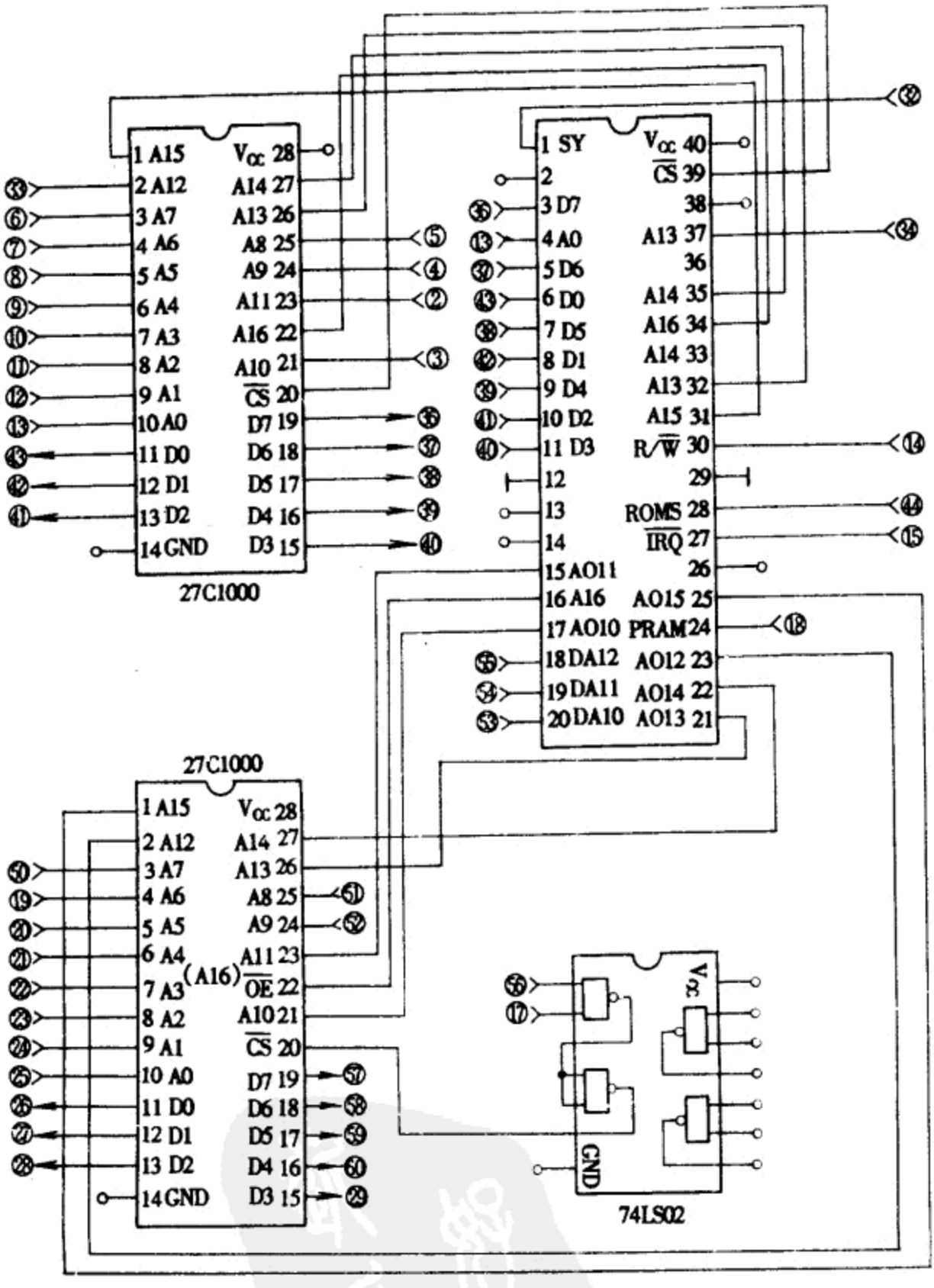


图4－12 《脱狱二代》游戏卡电路原理图

的分析游戏卡中片、段切换工作过程，而且一般条件下也很难破译该40脚门电路的各脚功能。故这种方法起到了较好的加密作用。1991年以前生产的游戏卡多数采用这种加密方法。切换电路集成加密法虽然起到了一定程度的加密作用，但由于人们可根据40脚门电路的输入、输出脚的分类，通过一个不太复杂的测试电路，就可以试验、确定各脚的功能。故切换电路集成加密法仅对硬件电路不太熟悉的人们有效，对于有经验的朋友来说，这不过是多了一些花架子而已。

二、GAL 电路加密法

由于40脚集成加密门电路比较容易破译，故随着微电子技术和计算机技术的发展，可编程逻辑器件“PLD”(Programmable Logic Device)迅速崛起，通用阵列逻辑电路“GAL”(Generic Array Logic)在 PAL(可编程逻辑阵列 Programmable Array Logic)电路的基础上异军突起，以无与伦比的优越性在计算机硬件加密领域中大显身手。由于 GAL 器件内部提供了一个可编程的保密单元，用户可通过它方便地编程以改变电路逻辑，所以 GAL 器件也被迅速引入游戏卡的硬件加密中。具体应用见图4－13。

图4－13中使用了一块 GAL20V8系列的器件，这种加密方法是较难破译的。

三、软、硬件混合加密法

以上两种加密法只是在切换电路的硬件上引进了加密，而游戏的管理程序则原封不动的拷贝入 ROM 中，故对6527机器语言和游戏编程比较熟练的工作者，可不论切换电路如何，只读出 ROM 中的程序，通过分析划段后，即可进行游戏

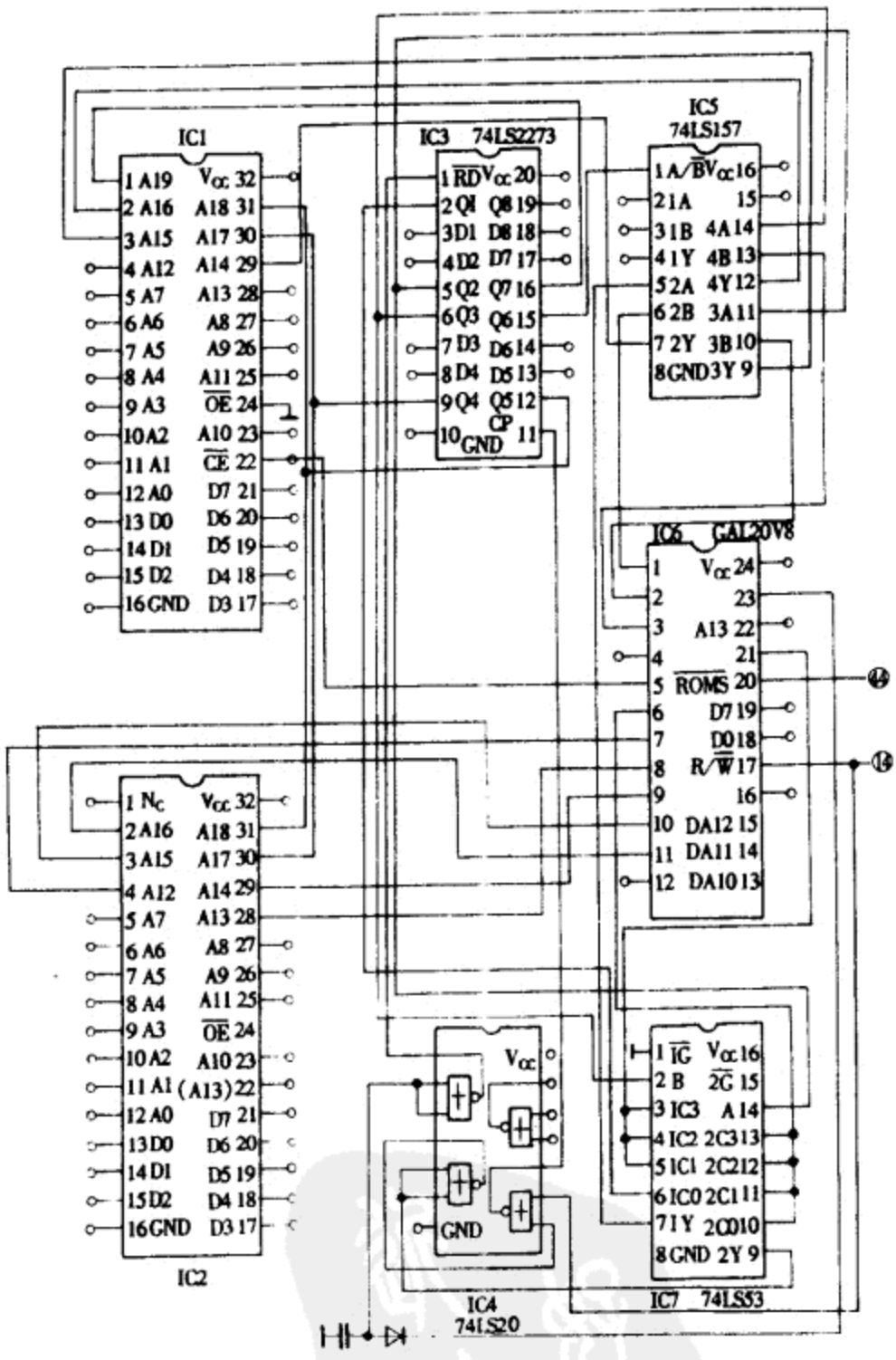


图4－13　28合1游戏卡电路原理图

节目的复制。如在图4－13中，虽然我们不知道GAL电路逻辑，但仍可测出各个游戏节目在程序存储器IC1中的逻辑地址分配。若以128K为单位，则可大体确定第一个游戏节目——空中魂斗罗的程序逻辑地址在$60000～$7FFFF共128K字节；第二个游戏节目——松鼠大战的程序逻辑地址在$40000～$5FFFF共128K字节；第三个游戏节目——激龟忍者传的程序逻辑地址在$20000～$3FFFF共128K字节；第四个游戏节目——野狼突击队的程序逻辑地址在$80000～$9FFFF共128K字节；第五个游戏节目——中东战争的程序逻辑地址在$C0000～$DFFFF共128K字节；第六个游戏节目——星际魂斗罗的程序逻辑地址在$E0000～$FFFFF共128K字节；而《脱狱》、《冒险岛》、《俄罗斯方块二代》以及菜单程序的逻辑地址则在$00000～$1FFFF；剩余的小游戏节目则集中存放在$A0000～$BFFFF空间。可见，仅靠硬件加密，能力总是有限的。因此，某些生产厂家又采取了软、硬件混合加密的方法。由于软、硬件混合加密处理比较复杂，下面仅以《小学算术一年级》辅助教学游戏软件为例介绍这种加密方法的应用。《小学算术一年级》游戏卡电路原理见图4－14。

《小学算术一年级》是容量为40K的游戏节目（32K字节的游戏管理程序、8K字节的图形字模），按一般的编程规律和游戏单卡电路结构设计方案，这个游戏卡没有存储体空间切换，可由CPU直接寻址。但是，图2－14却莫名其妙地使用了一块4位二进制同步计数器IC3（74LS161）。另外，对8K字节的字模存储器IC2（2764）来说，在常规使用中，其27脚（PGN）、26脚（空脚NC）都是与28脚电源正极相连，而在图1－19中，27、26脚却接在IC3的第14、13脚，这正是该游戏卡的

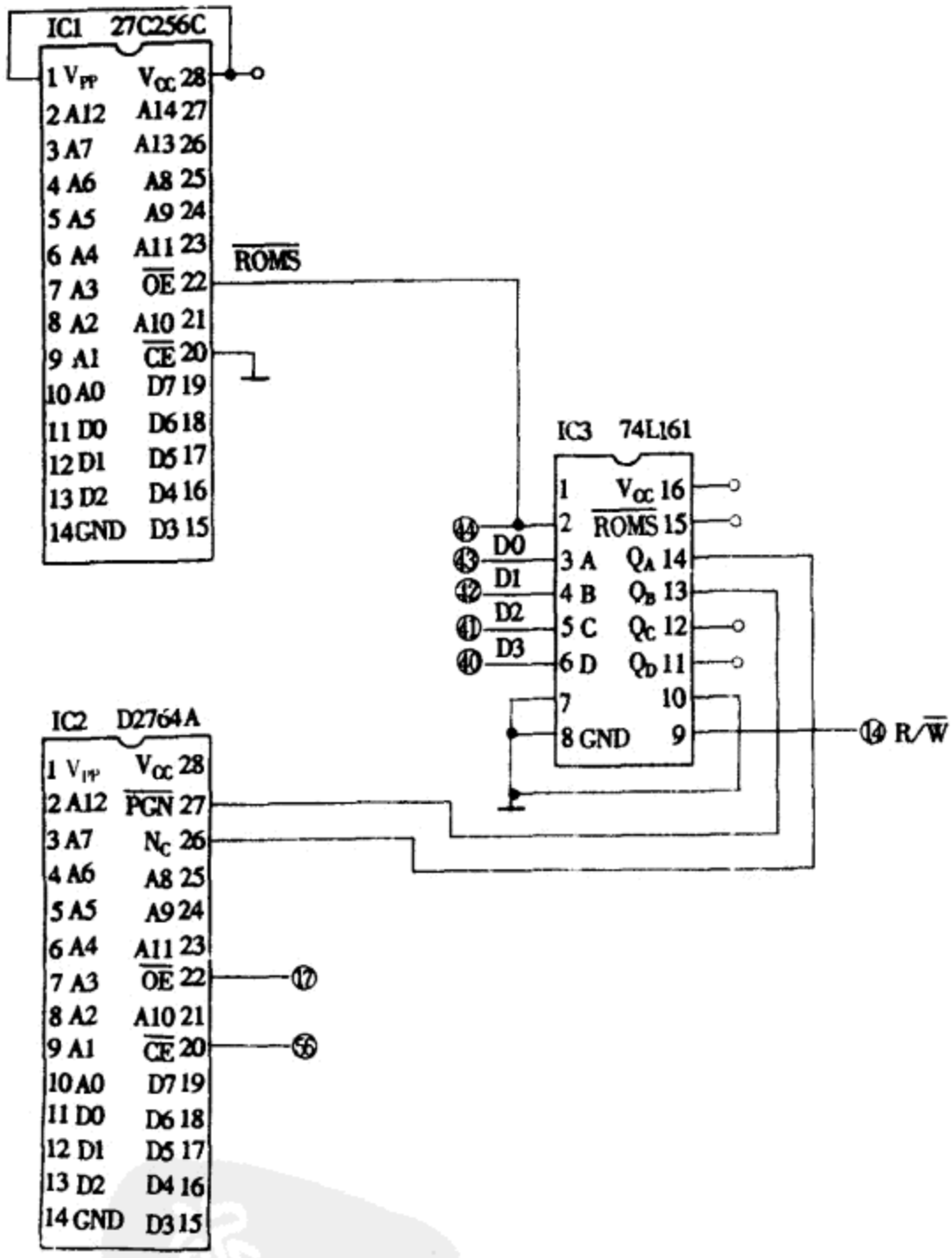


图4－14 《小学算术一年级》游戏卡电路原理图

加密所在。在该游戏的解密中，无论按常规的连接方法将IC2的第27脚接电源正极，还是将其接地，游戏都不能正常运行。这说明该游戏在软件上采用了加密措施。下面结合软件加密

处理讨论加密原理。

《小学算术一年级》在软件方面的加密处理程序如下：

```
802B AD5C80   LDA  $805C
802E 8D5C80   STA  $805C    ;送第一个选通信号 H20。
8031 204B80   JSR  $804B    ;读卡通字模区 $000C
                            单元的数据。
8034 C9BC     CMP  #$BC
8036 F0FE     BEQ  $8036    ;若 A==BC 则在此处死循环。
8038 AD5D80   LDA  $805D    ;若 A≠BC 则送第二个选
                            通信号 H22。
803B 8D5D80   STA  $805D
803E 204B80   JSR  $804B    ;读卡通字模区 $000C
                            单元的数据。
8041 C9BC     CMP  #$BC
8043 D0FE     BNE  $8043    ;若 A≠BC 则在此处死循环。
8045 203FAC   JSR  $AC3F    ;若 A==BC 则执行后续程序
8048 4C5F80   JMP  $805F    ;转$805F 正式进行复位处理。
```

置 PPU 首址，读 $000C 地址的数据子程序

```
804B A900     LDA  #$00
804D 8D0620   STA  $2006
8050 A90C     LDA  #$0C
8052 8D0620   STA  $2006
8055 AD0720   LDA  $2007
8058 AD0720   LDA  $2007
805B 60       RTS
805C 20 22 40
```

805F 复位处理程序入口

卡通字模数据

0000 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1F BC F4 E4 FF 小汽车的上半部分字模。

该软件的加密原理如下：

当置入第一个选通信号 H20时，因 CPU 的数据线 D0＝0、D1＝0，则 IC2的第27脚为低电平，这时已封锁了 IC2的数据读出口，故在执行 $8031从字模区读数据时将不能读出 $000C 单元的数据 HBC。因而跳出了 $8036行的死循环，执行 $8038行程序。这就是节目解密时 IC2的27脚置高电平时不能成功的原因。

当置入第二个选通信号 H22时，因 CPU 的数据线 D0＝0、D1＝2，则 IC2的第27脚为高电平，这时则打开了 IC2的数据读出口，故在执行 $803E 从字模区读数据时将读出 $000C 单元的数据 HBC。因而又跳出了 $8043行的死循环，执行 $8045行程序。这就是节目解密时 IC2的27脚接地时不能成功的原因。

只有 IC2的第27脚先为低电平后为高电平，复位程序才能顺序执行下去。

可见，软、硬件混合加密法比单纯硬件加密法的加密效果好。

四、综合加密法

《魂斗罗六代》的加密方法则又技高一筹，其电路原理见图4－15。

图4－15中从硬件上采取了两种加密方法。第一采用了切换电路集成加密法，而且集成的门电路采用了软封装方式，这样一方面降低了游戏卡的成本，另一方面又给破译者

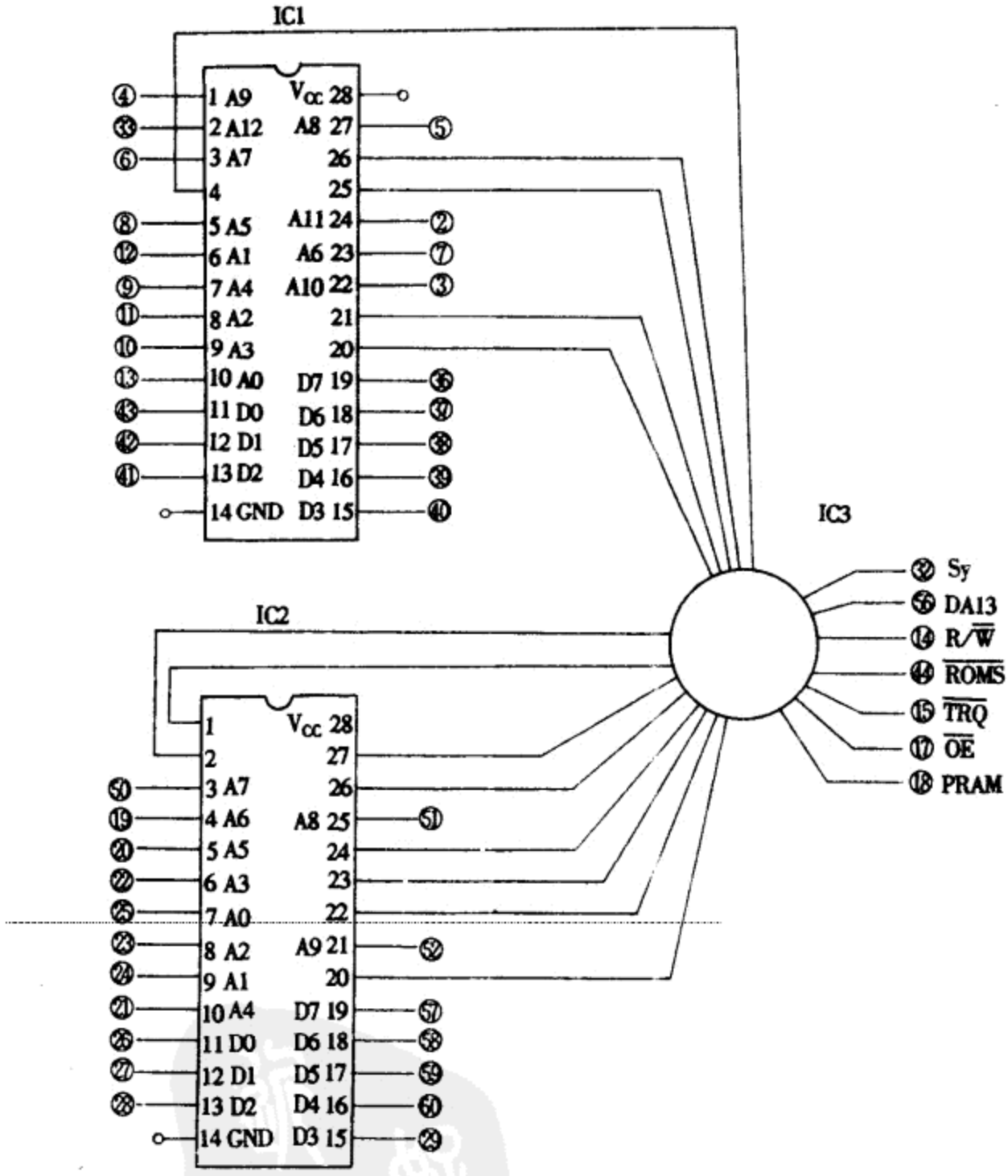


图4－15　魂斗罗六代游戏卡电路原理图

增加了破译难度。第二采用了打乱存储器引脚顺序的加密方法，由图1－20可见，IC1、IC2的地址线引脚与以上各游戏卡中存储器的引脚排列不相同，即它打乱了标准存储器的引脚排列顺序。这种加密方法无疑又给软件的破密增加了一道障碍。

其实，魔高一尺道高一丈，无论采取何种加密方法，只要能加密就一定能解密，也就是说没有不能解密的加密软件，只不过是解密的难度大小不同而已。

第五章　学习卡

“学习卡”是电脑学习机的专用盒卡。它随电脑学习机的生产厂家、品牌、种类、功能不同，结构差异极大。本章仅以学习卡的结构复杂程度为序，选择较有代表性的机型：金字塔、小霸王、裕兴三种进行讨论。

第一节　金字塔9488的学习卡

在所有的电脑学习机中，“金字塔”学习卡的体积最小（小到可以装在主机内部）、引脚最少（仅有36个脚）。它把机器的基本功能分为两个卡：系统汉字卡和PB卡。

主机板上留有三个插槽，除了可插入系统卡、PB卡之外，还可以插接软盘驱动卡（140K单面低密度软盘驱动器）。

一、PB卡简介

PB卡是金字塔9488系统配置的两个学习卡之一。

1. PB卡的功能

PB卡的工作菜单如图5－1所示。

菜单中，第一项就是F BASIC语言和BG GRAPHIC绘图；第二项是扩展了的音乐板；第三项是计算板；第四项是打字板。也就是说，PB卡的前四项是BS·2A版本F BASIC系统的内容。第五、六两项为新增加的内容。

1、FBASIC 背景绘画
2、16页音乐谱曲
3、四则运算练习
4、英文打字练习
5、键盘指法练习
6、小步舞曲

图5－1　金字塔 PB 卡菜单

2. PB 卡的结构

PB 卡是所有电脑学习机中结构最简单的学习卡。其中只有一块27512芯片(64K 字节)，电路原理如图5－2所示。

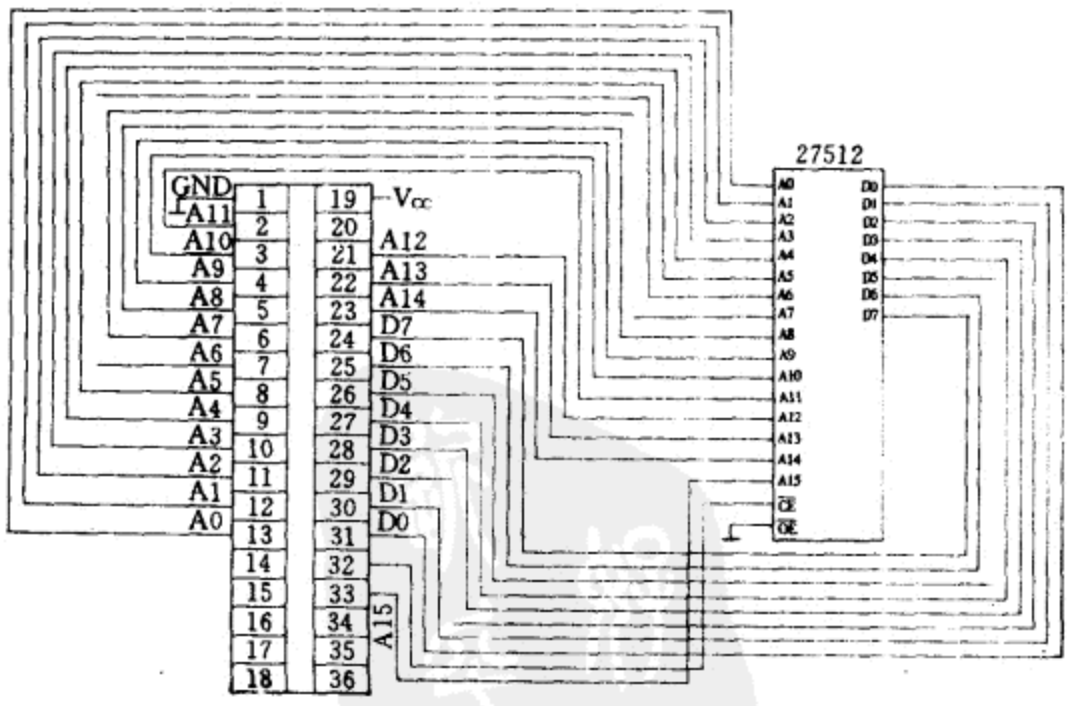


图5－2　金字塔9488PB 卡电路原理图

64K 字节的 PROM 以 16K 字节为单位分为 4 段。我们知道，F BASIC 工作系统占 32K 字节，那么另外的 32K 字节仅用于存放菜单中第 5、6 两项的程序。因 5、6 两项功能较简单，程序量最多用 16K。因此 PB 卡中 ROM 的利用不充分。

二、系统汉字卡

系统汉字卡的工作菜单如图 5－3 所示。

图 5－3　金字塔 9488 系统汉字卡菜单

系统汉字卡的电路结构如图 5－4 所示。

图 5－4 中，IC1 为一块软封装的 MAXROM27040(容量为 512K 字节)，IC2 为可编程逻辑阵列 GAL(16V8)。512K 字节以 16K 为单位分成 32 段，其中第 1 段存 DOS 操作等程序；第 2～16 段存汉字库数据和汉字输入法码表；第 17～26 段存汉字词库数据和联想输入码表等；第 27 段存中文编辑程序；第 28、29 段存 LOGO 语言等程序；第 30、31 段存 BASIC 语言等程序；最后一段为 HOME 段，存前 31 段的切换控制程序等。

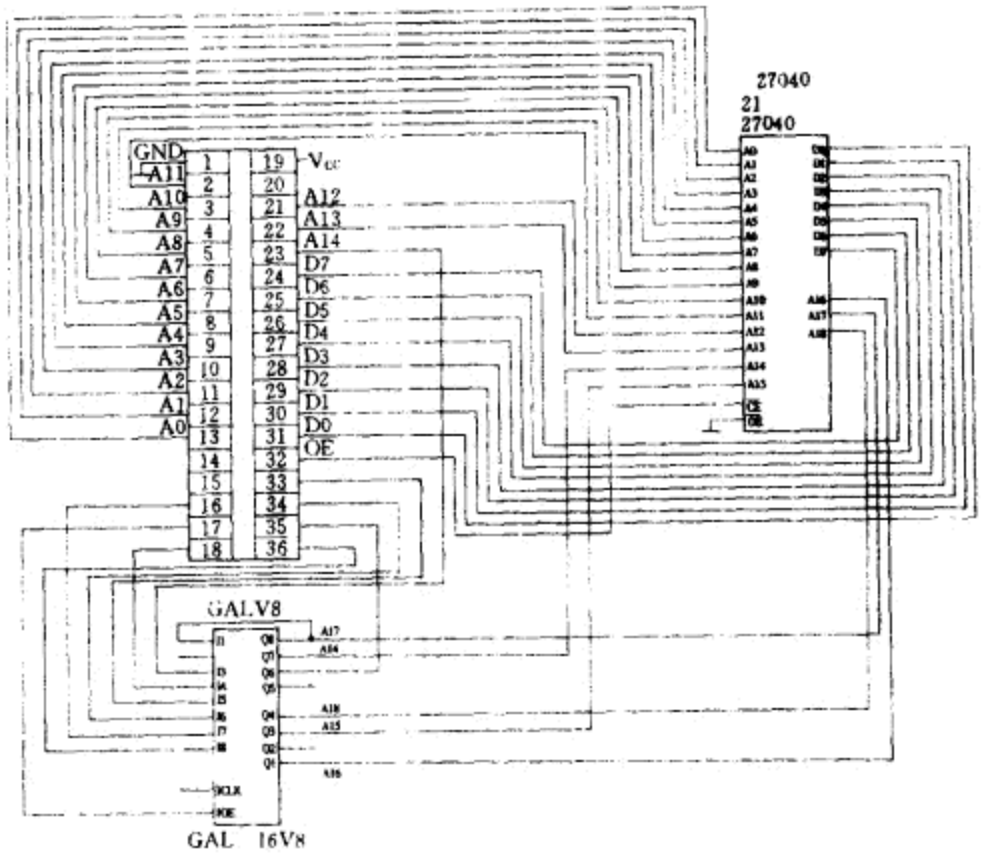


图5--4　金字塔9488系统汉字卡的电路原理图

第二节　小霸王486学习卡

小霸王486学习卡(含486B、486D)是标准的512K 游戏卡结构，与普通游戏卡稍微不同之处是增加了一块6264动态随机存储器，用于存放用户程序(注——有的 RPG 类游戏卡中也增加一个6116或6264存储器，用于存放游戏中的有关数据)。学习卡印刷电路板上元器件的排列如图5－5所示。

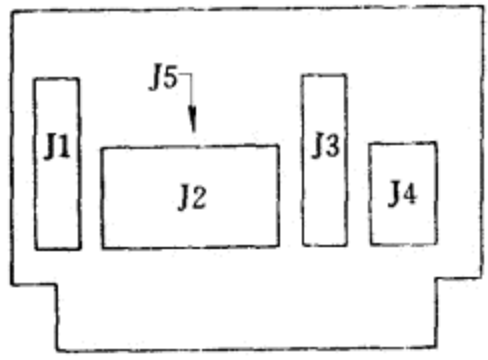


图5－5　小霸王486学习卡元件排列图

图5－5中，J1为4位二进制同步计数器161，用于对存储器进行段切换；J2为6264随机存储器，用于存放用户程序；J3为双4输入与非门，用于系统 RAM、用户 RAM 的切换；J4为软封装的6264，用于存放显示字模数据；J5为512K 字节的 MAXROM，为压缩印刷电路板的面积，把它软封装在 J2的下面。

小霸王486学习卡的构造与游戏卡相同，读者可参考游戏卡的结构分析。

第三节　裕兴 V8学习卡

裕兴 V8学习卡为1024K 字节的超级学习卡，印刷电路板上的元器件排列如图5－6所示。

图5－6中，J1为128K 字节的功能扩展 ROM 芯片插座，用于扩展系统功能；J2为32K 字节的动态随机存储器62256，用于存放用户程序或数据；J3为1024K 字节的 MAXROM，用于存放系统程序和数据；J4为四2输入或门电路74LS32，用于扩展芯片和用户 RAM 的段切换；J5为 GAL 电路16V8，

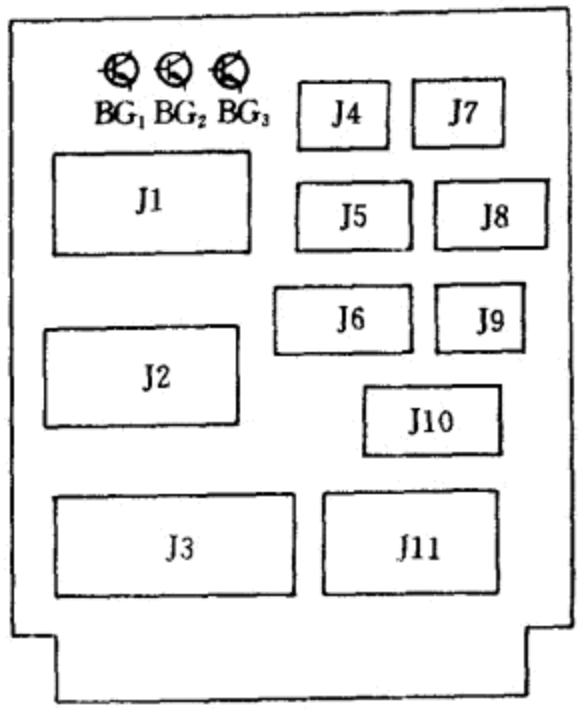


图5－6　裕兴 V8超级学习卡元器件排列图

用于产生系统切换地址信号；J6为八 D 触发器74HC273，用于 MAXROM 的段切换；J7为74LS161，用于产生扩展芯片的段选信号；J8为74LS161，用于画面的横纵向控制；J9为四2输入与非门74LS00，用于产生用户 RAM 的选通信号；J10为 GAL 电路20V8，用于汉字图形显示方式控制；J11为8K 字节的动态随机存储器6264，用于存放显示字模数据。BG1～BG3为硅 NPN 晶体三极管，用于断电保持文件。

由于裕兴学习卡的电路太复杂，只好省略电路原理图。

第六章　键盘

键盘是电脑学习机的主要输入设备。早期的键盘多为74至86键结构，近年来才向微机的101键结构靠拢。但不论多少键，其工作原理是相同的。本章仅以最经典的74键结构键盘为例，介绍键盘的软、硬件工作原理。

第一节　键盘矩阵

一、矩阵的概念

“矩阵”是一个数学概念，它是高等数学中线性代数讨论的范畴。

所谓“矩阵”是指由若干个数字按一定的行、列排成的“矩形数字方阵”。如丛书九讨论的奇、偶数字魔方就是行、列数相等的数字矩阵。

5阶数字魔方是由5行、5列组成的矩阵，在每个行、列的交叉点上放置一个数字。可见，组成矩阵的数字数目等于其行、列的乘积。如5×5＝25，所以5阶数字魔方由25个数字组成。

由此自然联想到，围棋的棋盘是由19行、19列组成的矩阵，它上面共有19×19＝361个交叉点；42个人，按7人一行，排成6列，就是一个7×6阶矩阵，有42个交叉点，需要42个人才能排满。

二、键盘矩阵

与数字矩阵一样，键盘矩阵也要由行、列组成，不同的是这里的行、列均为信号线。一般把行信号线简称“行线”、列信号线简称“列线”。

74键键盘的矩阵如图6－1所示（因左、右 Ctrl、Alt 键使用同一键位，故实际上是72键）。

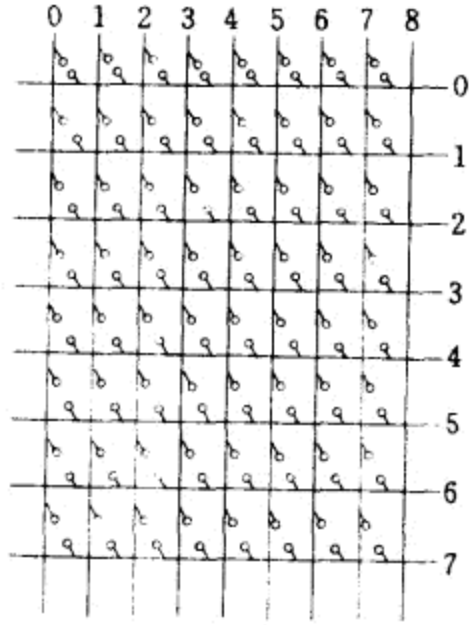


图6－1　键盘矩阵排列图

图6－1中，每个交叉点的纵、横两边引出一条引线，分别接到按键的两个端子上。当某个键按下时，按键所连的行、列线即被连通。这时，如果键盘扫描程序恰好扫描键盘，则通过键盘接口电路把该按键信号读入，系统就得到了某键按下的信息。

第二节　键盘接口

键盘接口电路原理如图6－2所示。

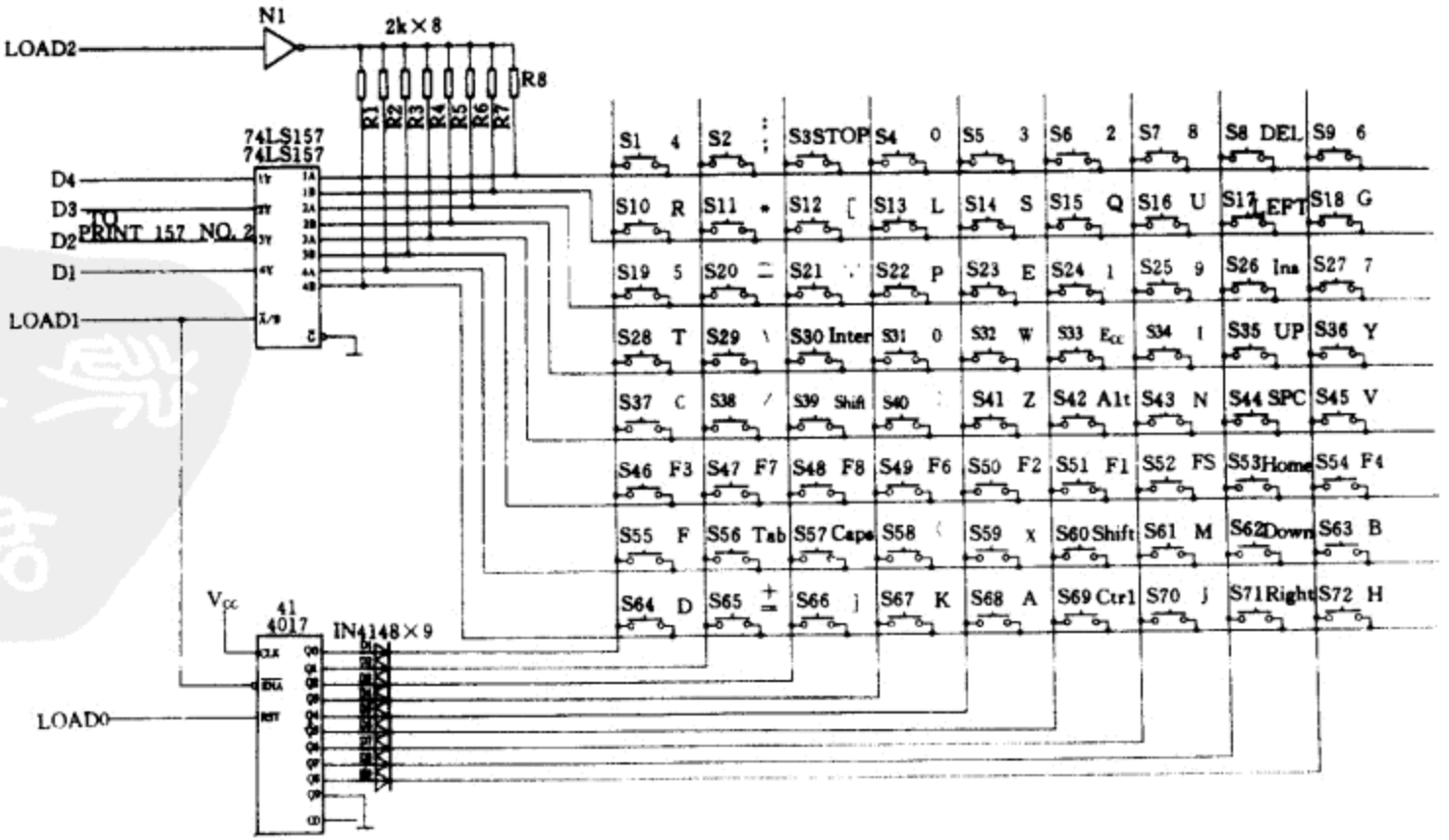


图6－2　键盘接口电路原理图

一、CD4017简介

图6－2中，CD4017为十进制计数器，正常使用下的工作波形见图6－3。

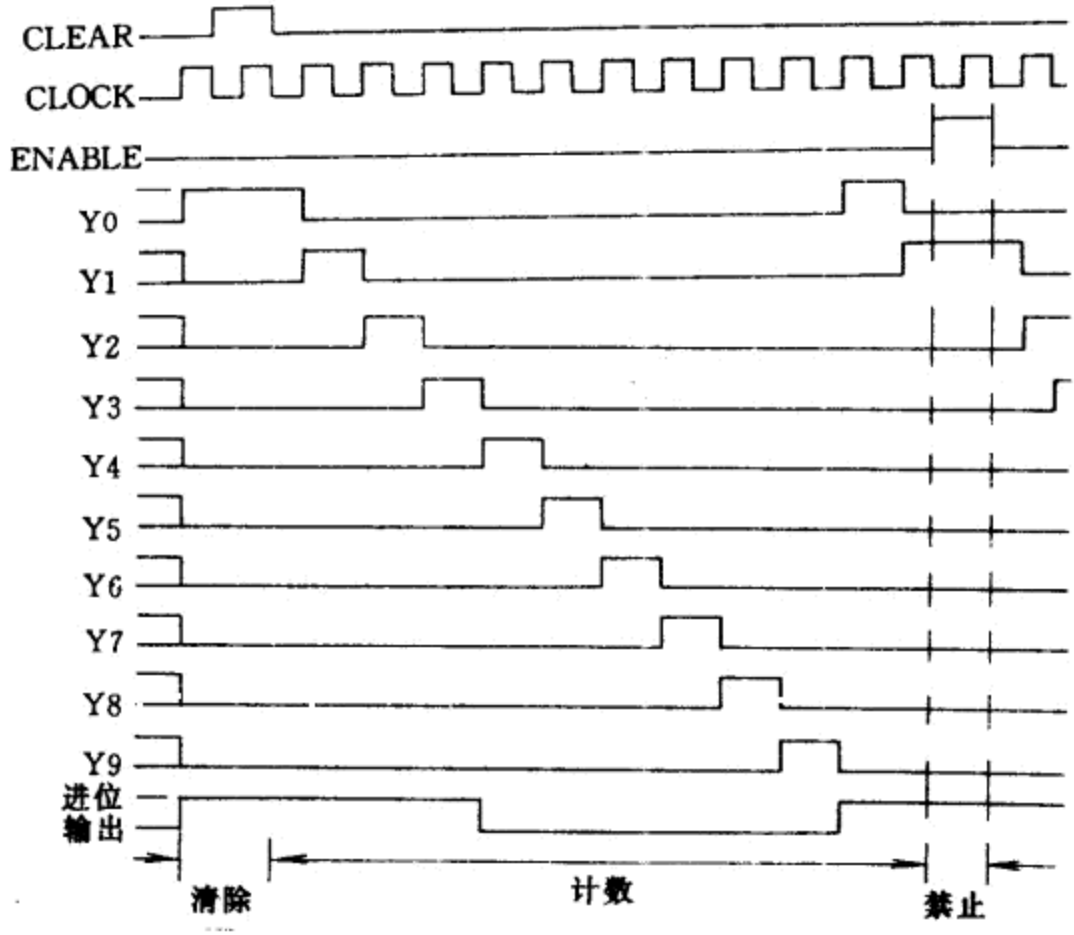


图6－3　CD4017的正常工作波形图

CD4017的15脚为清零端，高电平有效，一般在计数开始时，向13脚送一个正脉冲，使计数器清零；14脚是时钟端，由该脚输入时钟脉冲控制计数；13脚为计数使能端，低电平允许计数，高电平时禁止；12脚输出进位脉冲；1～7、9～11脚为计数脉冲输出端。

在键盘接口电路中，根据电脑学习机的特点，对CD4017采取了特殊的电路设计，使它工作在特殊的工作状态。具体

使用方法是：把它的时钟端始终接高电平，而用计数使能端作为时钟输入端，控制计数输出。因72键键盘只需9条列线，故第11脚悬空不用。这时的工作波形将如图6－4所示。

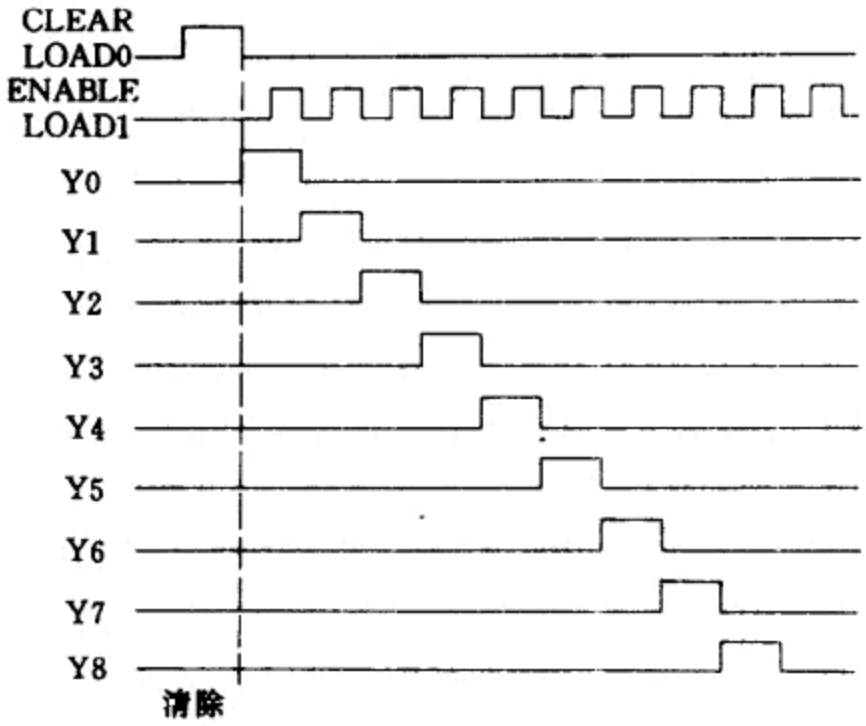


图6－4　键盘电路中4017的波形图

在图6－4中，LOAD0为清除端，当 LOAD0为高电平时，计数器清零。在清零脉冲的下降沿，Y0输出计数脉冲，键盘第0列线选通。选通脉冲持续到时钟脉冲的下降沿结束，同时输出下一位选通脉冲。如此依次选通，直到9位列线全部选通一遍。

可见，在这种使用方式下，计数器由正常使用情况下的上升沿触发改为下降沿触发。

二、74LS157简介

74LS157是四2选1数据选择器。15脚为使能端，低电平有

效；1脚为 A、B 选通端，当1脚为低电平时 A 输入端选通，为高电平时 B 输入端选通。一组2选1数据选择器的逻辑功能见表4－10。

三、键盘接口工作原理

图6－2中，4017为接口的输入控制口，LOAD0为计数清零信号；LOAD1为计数时钟信号；4017的9个输出端通过二极管隔离接通9条键盘列线。157为接口的输出控制口，由LOAD1控制选择 A、B 输入端；四个输出端接到游戏机扩展插座的4～7端，通过游戏机接口电路挂接 CPU 的数据总线。非门电路为键盘选通控制口，由 LOAD2信号控制键盘选通。

当 LOAD2为高电平时，非门的输出端为低电平，键盘被选通。这时，键盘的行线均为低电平，若没有键按下，则157的四个输出端均为低电平。

计数器清零后，4017的1脚电平变高，选通第0列。当LOAD1为低电平时，157的1脚为低电平，选通 A 输入端；若这时与键盘矩阵第0列相连的第0～3行上的按键按下，将使157的某一输出端输出高电平。

当 LOAD1为高电平时，157的1脚电平变高，选通 B 输入端；这时，4017的1端仍保持高电平。故可选出与键盘矩阵第0列相连的第4～7行上的按键信号。

显然，LOAD1每输出一个正脉冲，键盘上的一列、八行被选通，可扫描行、列对应的8个按键的状态。若 LOAD1输出9个正脉冲，正好完成72个按键的扫描。

由于游戏机的扩展口只有四条数据线与 CPU 的数据总线挂接，所以键盘扫描信号要通过157选择控制输入。

第三节　键盘扫描

在弄通键盘接口电路的工作原理后，再阅读键盘扫描程序将收到事半功倍的效果。

一、键盘扫描程序清单

键盘扫描程序清单见 No. 6－1。

No. 6－1 键盘扫描程序清单

```
AF9B A905      LDA  # $05   ┐
AF9D 8D1640    STA  $4016   │
AFA0 EA        NOP          │
AFA1 EA        NOP          │
AFA2 EA        NOP          │ 计数器清零
AFA3 EA        NOP          │
AFA4 EA        NOP          │
AFA5 EA        NOP          │
AFA6 A200      LDX  # $00   │
AFA8 A904      LDA  # $04   ┘
AFAA 8D1640    STA  $4016   ┐
AFAD A00A      LDY  # $0A   │
AFAF 88        DEY          │
AFB0 D0FD      BNE  $AFAF   │ 读0～3行
AFB2 EA        NOP          │
AFB3 EA        NOP          │
AFB4 AD1740    LDA  $4017   │
AFB7 4A        LSR          ┘
```

```
AFB8 290F       AND #$0F
AFBA 9D3406     STA $0634,X ;
AFBD A906       LDA #$06
AFBF 8D1640     STA $4016
AFC2 A00A       LDY #$0A
AFC4 88         DEY
AFC5 D0FD       BNE $AFC4
AFC7 EA         NOP
AFC8 EA         NOP
AFC9 AD1740     LDA $4017
AFCC 2A         ROL ;
AFCD 2A         ROL
AFCE 2A         ROL
AFCF 29F0       AND #$F0
AFD1 1D3406     ORA $0634,X
AFD4 49FF       EOR #$FF
AFD6 A008       LDY #$08
AFD8 0A         ASL
AFD9 7E3406     ROR $0634,X
AFDC 88         DEY
AFDD D0F9       BNE $AFD8 ;
AFDF E8         INX ;
AFE0 E009       CPX #$09
AFE2 D0C4       BNE $AFA8 ;
AFE4 60         RTS
```

读4～7行

键码处理

控制读9次

二、键盘扫描程序说明

1. 计数器清零信号

AF9B～AFAA 行程序的作用是：先向 $4016的 D0位写入“1”，然后再写入“0”，从而控制 LOAD0输出一个正脉冲，CD4017的第15脚输入正脉冲后，令计数器清零，使键盘扫描初始化。其中 AFA0～AFA5 行的空操作程序起延时作用，以维持正脉冲的宽度。

2. 键盘选通信号

在 AF9B～AFAA 程序段和以后的程序中，在向 $4016写入数据时，始终保持 D2位等于“1”。目的是使 LOAD2保持高电平，以选通键盘。

3. 键盘矩阵列选通、157A、B 选通信号的产生

AFA8～AFAA、AFBD～AFBF 行程序用于产生键盘矩阵的列选通信号和157输入端 A、B 的选通信号。

4. 键盘扫描

键盘扫描由 AFB4、AFC9两语句行完成，读出按键的工作状态后，存入键码暂存单元 $634～$63C。

5. 按键状态记忆

AFCC～AFDD 程序行为按键状态记忆处理。功能是把键盘矩阵中一条列线上的八个按键的状态存入一个内存单元中。

6. 键盘扫描一遍的控制

AFDF～AFE2行为键盘扫描一遍的控制程序。

键盘扫描中，由变址寄存器 X 控制键盘矩阵的列线选通。若9条列线未扫描完，则由 AFE2行控制返回 AFA8继续扫描。

7. 其它程序行的作用

在键盘扫描程序中，AFAD～AFB3、AFC2～AFC8 为延时处理程序，作用是控制当行选通信号稳定后再读键。

三、键盘扫描过程分析

由图6－4可以看出，当计数器清零后，清零脉冲的下降沿将产生、输出键盘矩阵第0列选通信号。这时因 LOAD1为低电平，157的 A 输入端选通，将输出键盘矩阵的第0～3行线上的按键状态。通过 AFAD～AFB0延时，由 AFB4 行语句读出按键的状态数据。将其右移一位后(因只有D4～D1位有效，D0位无用，故移出)，使有效键值移入低四位，存入＄634单元。

然后，执行 AFBD～AFBF 两语句，因向＄4016的 D1位写入“1”，故使 LOAD1输出高电平。将选通157的 B 输入端，待延时结束，信号稳定后，由 AFC9 语句行读出第4～7行上的按键状态，循环左移三次后，将有效键值移入高四位；然后与＄634单元所存低四位的内容相或，得到8条行线上的按键状态信息；再按位取反后，移入＄634单元。

一条列线扫描处理完毕，由 X 控制转 AFA8，令 LOAD1变为低电平，4017的 Y0变为低电平，Y1变为高电平，选通键盘矩阵的第二列，开始扫描第二条列线。第二条列线上按键的状态，存入＄635单元。

依此类推，逐列扫描，直到扫描完第9列，X＝9，结束键盘扫描。这时，9条列线上按键的状态，将分别存入＄634～＄63C 单元。以后，再转键码翻译处理。

键盘扫描处理程序中，AFB7～AFBF、AFCC～AFDD 程序段的处理，是根据键盘键位排列和键码翻译程序结构决定的，不同的机型稍有差异。但键盘扫描原理是相同的。

第七章　磁带记录

磁带记录是电脑学习机普遍采用的信息存储方法。本章将简述磁带记录的基本工作原理，重点讨论磁带记录的存储信号格式和处理程序。

第一节　磁带记录与信号格式

一、磁带记录简述

“磁带记录信息”是利用电磁感应原理，通过录音机磁头，以记录信息的电信号形成的磁场，去磁化磁带上的磁性介质，使信息记录到介质上的技术。

磁带记录技术涉及到“记录”和“重放”两个方面。

“记录”就是电信号通过录音磁头产生的磁场，在磁性介质上，使微小的磁粉按电信号的波形，相对应地排列起来的过程。

“重放”就是录有信号的磁带，以记录时的速度通过重放磁头的缝隙，使磁层表面的漏磁场在重放磁头线圈中产生感应电压。该电压经放大电路处理后，重现原来存储的信号。

二、存储信号的格式

把数据记录在磁带上，必须按照一定的格式——即标准进行。

电脑学习机采用的磁带记录标准为四分之一“堪萨斯城”(KANSAS)标准。

“堪萨斯城”标准是在1975年11月7日，在“KANSAS”城举行的一次计算机存储技术国际会议上制定的(这次会议的目的是制订一个音频盒式磁带记录技术的标准)。标准规定简述如下：

1. 一个 MARK(逻辑“1”)位由频率为2400Hz 的4个周期组成。

2. 一个 SPACE (逻辑“0”)位由频率为1200Hz 的4个周期组成。

3. 一个字符以一个 SPACE 位，7或8个数据位，1或2个停止位组成。

4. 七个 ASCII 数据位按最低有效位在前，最高有效位在最后的原则组织。

5. 在整个数据块前至少有30秒的空闲位，数据块结束后，至少有5秒的空闲位作为间隔。

6. 数据存储速率为300Baud(即每位宽3.33毫秒)。

三、电脑学习机的存储信号格式

电脑学习机参照“堪萨斯城”标准，采用压缩格式，制定了自己的存储标准。标准内容如下：

1. 一个 MARK(逻辑“1”)位由频率为2600Hz 的1个周期组成(窄脉冲)。

2. 一个 SPACE (逻辑“0”)位由频率为1300Hz 的1个周期组成(宽脉冲)。

3. 一个字节以一个 SPACE 脉冲作同步位，8个数据位组成。

4. 八个数据位按最高有效位在前，最低有效位在最后的原则进行传送。

5. 在整个数据块前有31秒的窄脉冲作为导引信号，数据块结束后，一个宽脉冲作为结束。

6. 文件名以20个宽脉冲、20个窄脉冲、最后一个宽脉冲作为标识段。

7. 文件体以40个宽脉冲、40个窄脉冲、最后一个宽脉冲作为标识段。

8. 文件校验和存在结束脉冲的前面。高位在前，低位在后。

第二节　信息存取处理程序

一、信息保存处理程序

1. 程序清单

磁带信息存储处理程序清单见 No. 7—1。

No. 7—1 SAVE 程序清单

```
C00B A928       LDA #$28 ;┐
C00D 8591        STA $91   │ 存储文件入口
C00F D004       BNE $C015 ;┘
C011 A914       LDA #$14 ;┐
C013 8591        STA $91   │ 存储文件名入口
C015 A900        LDA #$00 ;┘
C017 8592       STA $92
```

```
C019 A920      LDA #$20 ;
C01B 8519      STA $19
C01D A94E      LDA #$4E
C01F 851A      STA $1A
C021 2084C0    JSR $C084
C024 C619      DEC $19
C026 D0F9      BNE $C021
C028 C61A      DEC $1A
C02A D0F5      BNE $C021 ;
C02C A591      LDA $91 ;
C02E 8519      STA $19
C030 208EC0    JSR $C08E
C033 C619      DEC $19
C035 D0F9      BNE $C030
C037 2084C0    JSR $C084
C03A C691      DEC $91
C03C D0F9      BNE $C037
C03E 208EC0    JSR $C08E ;
C041 A900      LDA #$00 ;
C043 8591      STA $91
C045 8592      STA $92
C047 A000      LDY #$00
C049 B1AD      LDA ($AD,Y)
C04B 2068C0    JSR $C068
C04E 20A9C0    JSR $C0A9
C051 20B0C0    JSR $C0B0
C054 D0F1      BNE $C047 ;
```

产生31毫秒的导引信号

产生标识脉冲

保存文件

```
C056 A591      LDA  $91 ;
C058 48        PHA
C059 A592      LDA  $92
C05B 2068C0    JSR  $C068
C05E 68        PLA
C05F 2068C0    JSR  $C068
C062 208EC0    JSR  $C08E
C065 60        RTS ;
C066 EA        NOP
C067 EA        NOP
C068 208EC0    JSR  $C08E ;
C06B A208      LDX  # $08
C06D 8519      STA  $19
C06F 18        CLC
C070 6519      ADC  $19
C072 B007      BCS  $C07B
C074 2084C0    JSR  $C084
C077 CA        DEX
C078 D0F3      BNE  $C06D
C07A 60        RTS
C07B 208EC0    JSR  $C08E
C07E 20BBC0    JSR  $C0BB
C081 4C77C0    JMP  $C077 ;
```

存校验和

送一个宽脉冲作为结束

送同步位

保存一个字节

```
C084 48        PHA ;
C085 A934      LDA # $ 34
C087 851B      STA $ 1B
C089 851C      STA $ 1C
C08B 4C95C0    JMP $ C095 ;
C08E 48        PHA ;
C08F A96A      LDA # $ 6A
C091 851B      STA $ 1B
C093 851C      STA $ 1C ;
C095 A904      LDA # $ 04 ;
C097 8D1640    STA $ 4016
C09A C61C      DEC $ 1C
C09C D0FC      BNE $ C09A
C09E A9FF      LDA # $ FF
C0A0 8D1640    STA $ 4016
C0A3 C61B      DEC $ 1B
C0A5 D0FC      BNE $ C0A3
C0A7 68        PLA
C0A8 60        RTS ;
C0A9 E6AD      INC $ AD ;
C0AB D002      BNE $ C0AF
C0AD E6AE      INC $ AE
C0AF 60        RTS ;
```

窄脉冲产生子程序

宽脉冲产生子程序

脉冲产生子程序

数据地址指针加一子程序

```
C0B0 A5AD      LDA  $AD ;┐
C0B2 C5AF      CMP  $AF  │
C0B4 D004      BNE  $C0BA│ 判断是否保存完毕子程序
C0B6 A5AE      LDA  $AE  │
C0B8 C5B0      CMP  $B0  │
C0BA 60        RTS ;     ┘
C0BB E691      INC  $91 ;┐
C0BD D002      BNE  $C0C1│ 校验和加1子程序
C0BF E692      INC  $92  │
C0C1 60        RTS ;     ┘
```

2. 存储程序说明

文件存入磁带分两步操作：第一步存入文件名；第二步存入文件内容。

在调用存储程序之前，必须把存储数据区首址存入$AD、$AE单元，把数据区末址存入$AF、$B0单元。

C019～C02A行控制产生保存数据块前的导引段脉冲，共为8270(204EH)个窄脉冲，约31秒。

C041～C054行为保存数据处理程序，每调用一次$C068子程序存储一个字节。

C056～C065行为数据存储结束处理程序。$91、$92单元中所存的校验和，留待调出程序时作为是否正确调入的判断依据。

C068～C081行为保存一个字节数据的处理程序。从高位开始保存，若为"0"则调用$C084子程序，送一个窄脉冲；若为"1"则调用$C08E子程序，送一个宽脉冲；同时令校验和加1。

保存数据通过LOAD011写入。

二、信息调出处理程序

1. 程序清单

磁带信息调出处理程序清单见 No. 7－2。

No. 7－2 LOAD 处理程序清单

文件名调入检查处理

```
C0F5 A914      LDA #$14 ;
C0F7 8591      STA $91        读文件名标识
C0F9 209CC1    JSR $C19C
C0FC B00D      BCS $C10B      出错转$C10B
C0FE D0F5      BNE $C0F5
C100 C691      DEC $91
C102 D0F5      BNE $C0F9      正确继续
C104 A914      LDA #$14
C106 8591      STA $91
C108 209CC1    JSR $C19C      读文件名标识
C10B B067      BCS $C174      出错转$C174
C10D F0E6      BEQ $C0F5
C10F C691      DEC $91
C111 D0F5      NE $C108       正确继续
C113 4C34C1    JMP $C134 ;    若全部正确转$C134
```

文件体调入检查处理

```
C116 A928      LDA #$28 ;
C118 8591      STA $91
C11A 209CC1    JSR $C19C
C11D B055      BCS $C174
C11F D0F5      BNE $C116
```

```
C121 C691      DEC $91
C123 D0F5      BNE $C11A
C125 A928      LDA #$28
C127 8591      STA $91
C129 209CC1    JSR $C19C
C12C B046      BCS $C174
C12E F0E6      BEQ $C116
C130 C691      DEC $91
C132 D0F5      BNE $C129 ;
```

调入文件的检查处理过程与文件名相同。

调入数据处理

```
C134 A900      LDA #$00 ;
C136 8591      STA $91
C138 8592      STA $92   ;
```

校验和计数器清零

```
C13A 2082C1    JSR $C182 ;读标识段结束脉冲
C13D 2082C1    JSR $C182 ;读同步位脉冲
C140 20B0C1    JSR $C1B0 ;读一个字节的数据
C143 B02F      BCS $C174
C145 EA        NOP
C146 EA        NOP
C147 EA        NOP
C148 EA        NOP
C149 A000      LDY #$00
C14B 91AD      STA ($AD,Y) ;存一个字节的数据
C14D 4C56C1    JMP $C156
C150 A000      LDY #$00
C152 D1AD      CMP ($AD,Y)
C154 D01E      BNE $C174
```

```
C156 20A9C0     JSR $C0A9 ;地址指针加一
C159 20B0C0     JSR $C0B0 ;文件尾判断
C15C D0E2       BNE $C140 ;不到文尾继续
C15E A591       LDA $91 ;
C160 852C       STA $2C
C162 A592       LDA $92
C164 852D       STA $2D
C166 20B0C1     JSR $C1B0
C169 C52D       CMP $2D
C16B D007       BNE $C174
C16D 20B0C1     JSR $C1B0
C170 C52C       CMP $2C
C172 F007       BEQ $C17B
C174 20C2C0     JSR $C0C2
C177 A902       LDA # $02
C179 38         SEC
C17A 60         RTS
C17B 20C2C0     JSR $C0C2
C17E A900       LDA # $00
C180 18         CLC
C181 60         RTS ;
```

检查校验和，读出的文件是否正确。若不正确则置C=1返回；若正确则置C=0返回。

读出一位数据的处理程序

```
C182 20DAC0     JSR $C0DA ;
C185 F0F2       BEQ $C179
C187 AD1640     LDA $4016
C18A 2902       AND # $02
C18C F0F4       BEQ $C182 ;
```

是低电平时继续读
读到上升沿结束循环

```
C18E 20DAC0     JSR $C0DA ;┐
C191 F0E6       BEQ $C179  │
C193 AD1640     LDA $4016  │
C196 2902       AND #$02   │  是高电平时继续读
C198 D0F4       BNE $C18E  │  读到下降沿时结束
C19A 18         CLC        │
C19B 60         RTS       ;┘
C19C 2082C1     JSR $C182  ;读一个脉冲周期
C19F B0D8       BCS $C179  ;出错转移
C1A1 A04E       LDY #$4E  ;┐
C1A3 8475       STY $75    │  延时
C1A5 C675       DEC $75    │
C1A7 D0FC       BNE $C1A5 ;┘
C1A9 AD1640     LDA $4016 ;┐
C1AC 2902       AND #$02   │  读脉冲宽度
C1AE 18         CLC        │
C1AF 60         RTS       ;┘
```

读出一个字节数据的处理程序

```
C1B0 A908       LDA #$08  ;┐
C1B2 8574       STA $74    │  位数计数器置初值
C1B4 A900       LDA #$00   │
C1B6 8519       STA $19   ;┘  数据暂存器清零
C1B8 A519       LDA $19   ;┐
C1BA 18         CLC        │
C1BB 6519       ADC $19    │  由$19单元记录该
C1BD 8519       STA $19    │  数据的各位。
C1BF 209CC1     JSR $C19C  │
                           ┘
```

```
C1C2 B0B5      BCS $C179
C1C4 D005      BNE $C1CB
C1C6 20BBC0    JSR $C0BB
C1C9 E619      INC $19
C1CB C67       DEC $74
C1CD D0E9      BNE $C1B8
C1CF 2082C1    JSR $C182
C1D2 B0A5      BCS $C179
C1D4 A519      LDA $19
C1D6 18        CLC
C1D7 60        RTS ;
```

2. 程序说明

同文件存入磁带的过程一样，文件从磁带中调出也要进行两步操作：第一步调出文件名，交给调用程序检查当前读到的文件名是否欲调出的文件，若不是则跳过该文件，寻找下一个文件名；若正确则进行调入文件的操作。

调出文件时，首先检查标识脉冲，若正确则转调出处理，若读不到标识脉冲，则转出错处理。另外，在调出文件的过程中，不停地调用键盘 STOP 键扫描程序 $C0DA，若按 STOP 键则结束调出操作，置出错标志返回。所以，在文件的调出过程中，用户可以随时打断调出操作。

实际上，调出磁带文件是存入文件的逆操作。读者可根据存储操作过程，分析文件的调出操作过程，不多赘述。

第八章　打印机

打印机是电脑学习机常用的输出设备。编写的程序、编辑的文稿都可通过打印机打印出来供交流。

由于电脑学习机属于低档次的电脑，一般仅能配置最低档次的打印机，如9针、24针窄行打印机等。但是低档打印机只有并行输入数据口，没有串行输入口。而电脑学习机则只能串行输出数据，不能并行输出。因此出现了电脑学习机输出与打印机输入配接的矛盾。

为了解决这一矛盾，必须在电脑学习机中设置打印机接口电路，把学习机输出的串行数据信号转换为并行数据信号，送入打印机打印。

本章将简单介绍电脑学习机打印接口的基本工作原理和打印机驱动程序的编程原理。

第一节　打印机接口电路

打印机接口电路原理见图8—1。

一、74LS164简介

图8—1中，使用了串行输入、并行输出的8位移位寄存器74LS164，正常使用情况下，它的工作波形对应关系如图8—2所示，其功能对应关系见表8—1。

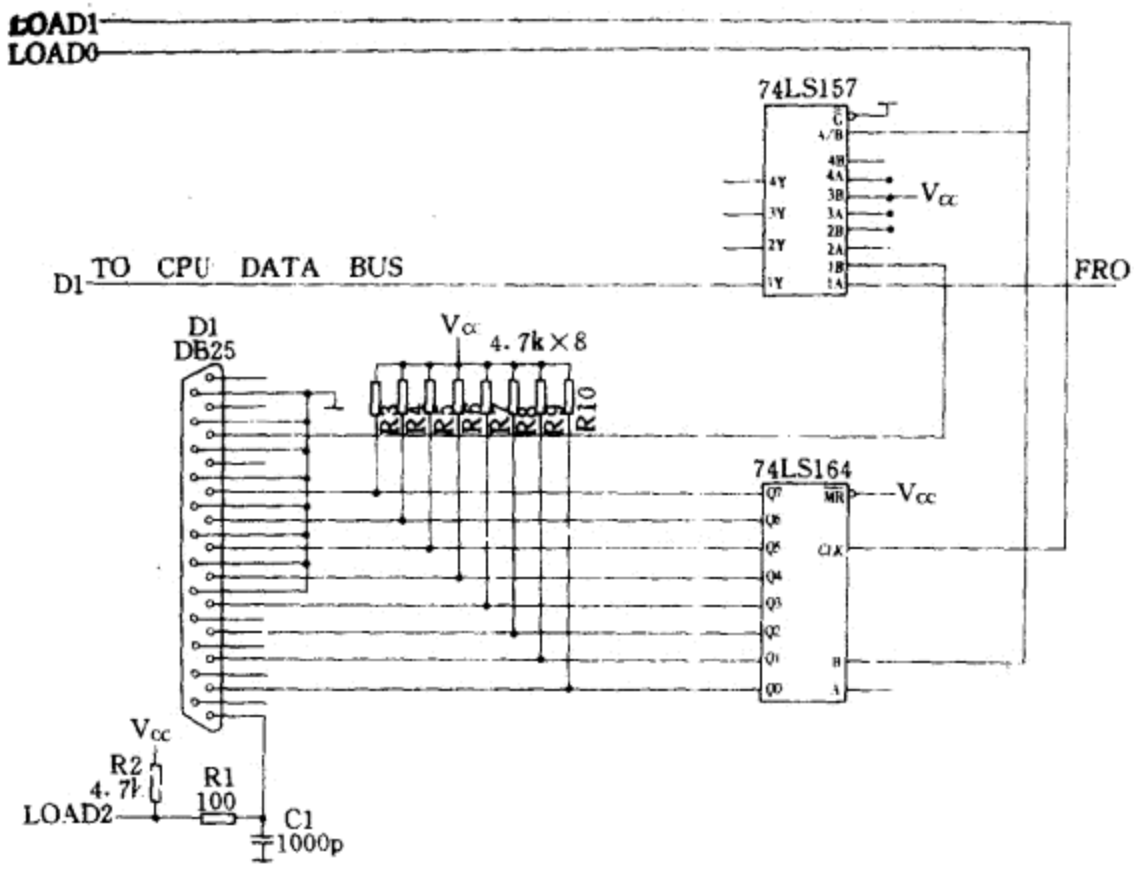


图8－1　打印机接口电路原理图

表8－1　74LS164功能表

输　入				输　出			
RD	CP	A	B	QA	QB	……	QH
L	×	×	×	L	L		L
H	↑	×	×	QAO	QBO		QHO
H	↑	H	H	H	QAN		QGN
H	↑	L	×	L	QAN		QGN
H	↑	×	L	L	QAN		QGN

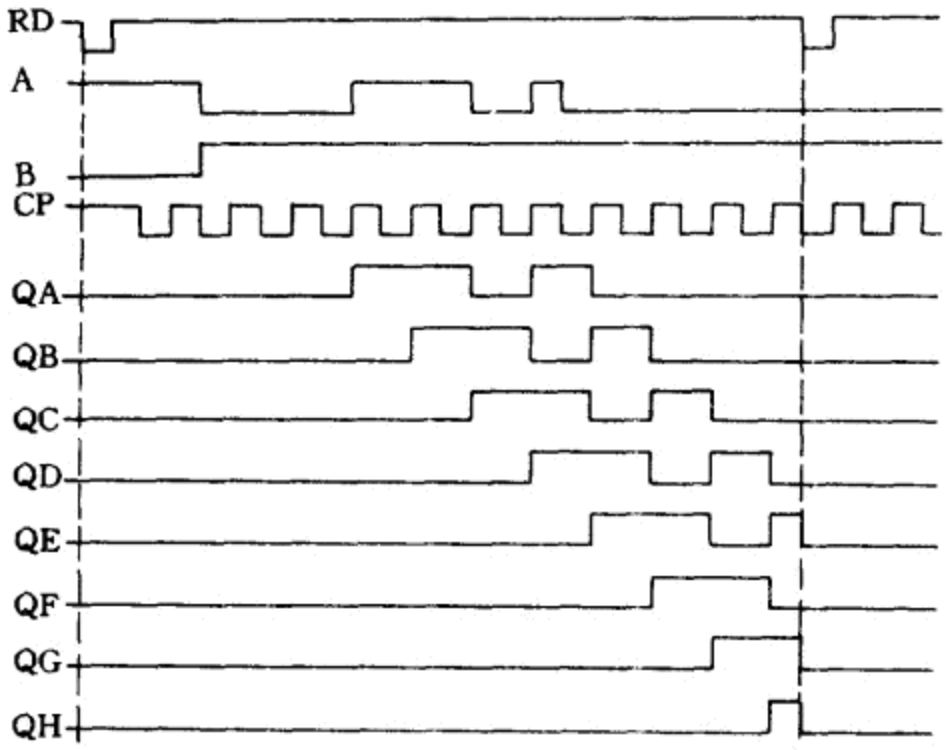


图8－2　74LS164波形图

二、接口电路特点

1. 74LS164的使用

在图8－2中，164的两个输入端A、B并接于LOAD0；时钟信号端接于LOAD1；RD端接VCC，恒为高电平。这又是164的一种特殊用法。在上述连接中，假定由A、B端输出的串行数据为C5H(11000101)，164输出端的波形将如图8－3所示。

由图8－3可见，串行输入的8位数据已正确地转换为并行数据，输出在打印插座的8条数据线上。

2. 74LS157的作用

四2选1数据选择器在打印接口电路中，只使用了第一

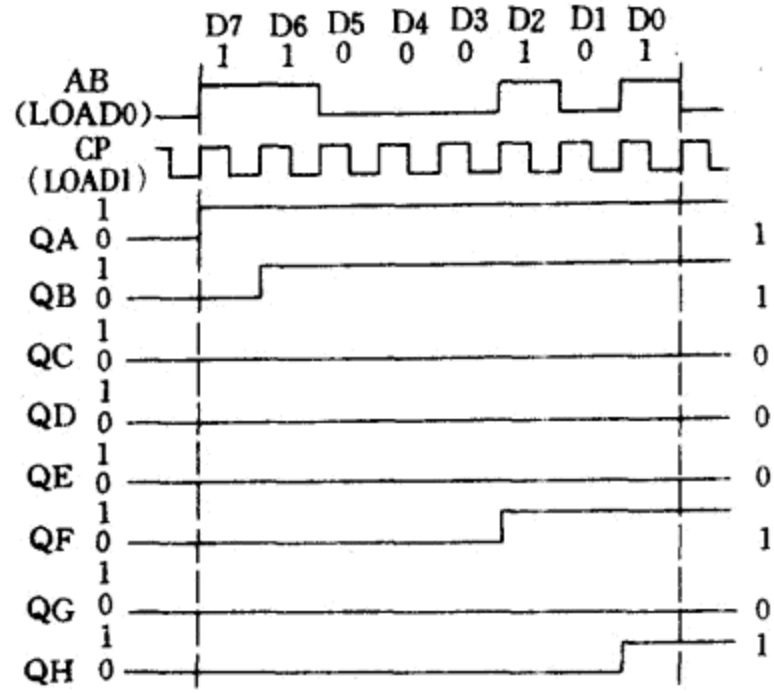


图8－3　打印接口中164的波形图

组。其输入端1A 接于键盘接口157的第4脚(D1输出端)，1B接至打印输出插座的第11脚，用于输入打印机“BUSY”(忙)信号。当打印机“BUSY”时，将输出低电平，由157输出到CPU 数据总线的 D1位，供 CPU 处理。

3. 打印机选通信号的输出

输出插座的第1脚连接于 LOAD2，用于输出打印机选通信号。当并行数据线上的数据准备就绪后，令 LOAD2输出一个负脉冲，靠脉冲的上升沿触发打印机开始打印。

第二节　打印驱动程序

一、打印驱动程序

打印驱动程序清单见程序 N_0. 8－1。

No. 8—1 打印驱动程序

```
B714 8552      STA  $52        ;暂存打印数据
B716 48        PHA
B717 98        TYA
B718 48        PHA
B719 8A        TXA
B71A 48        PHA             ;保护现场
B71B A008      LDY  #$08       ;┐
B71D A900      LDA  #$00       ;│置LOAD0为高电平,读D1
B71F 8553      STA  #$53       ;│检测打印机是否BUSY,
B721 A907      LDA  #$07       ;│若D1=1表示打印机不忙,
B723 8D1640    STA  $4016      ;│可以送数据。若D1=0,
B726 AD1740    LDA  $4017      ;│表示打印机忙,继续循
B729 2902      AND  #$02       ;│环等待。若循环结束,
B72B D006      BNE  $B733      ;│打印机仍忙,则
B72D C653      DEC  $53        ;│转$B767,置出错
B72F D0F0      BNE  $B721      ;│标志(C=0),返回。
B731 F034      BEQ  $B767      ;┘
B733 0652      ASL  $52        ;从高位开始送数据
B735 B011      BCS  $B748
B737 A906      LDA  #$06       ;┐
B739 8D1640    STA  $4016      ;│数位等于"0"时
B73C A904      LDA  #$04       ;│LOAD0为低电平
B73E 8D1640    STA  $4016      ;│LOAD1送位移脉冲
B741 A906      LDA  #$06       ;│LOAD2为高电平,送
B743 8D1640    STA  $4016      ;│打印机选通信号。
B746 D00F      BNE  $B757      ;┘
```

```
B748 A907     LDA  # $07  ;
B74A 8D1640   STA  $4016
B74D A905     LDA  # $05
B74F 8D1640   STA  $4016
B752 A907     LDA  # $07
B754 8D1640   STA  $4016  ;
B757 88       DEY
B758 D0C3     BNE  $B71D  ;未送完8位继续。
B75A A903     LDA  # $03  ;
B75C 8D1640   STA  $4016
B75F A907     LDA  # $07
B761 8D1640   STA  $4016  ;
B764 38       SEC
B765 B001     BCS  $B768  ;置打印正确标志,返回。
B767 18       CLC         ;置打印错误标志,返回
B768 68       PLA
B769 AA       TAX
B76A 68       PLA
B76B A8       TAY
B76C 68       PLA         ;恢复现场。
B76D 60       RTS
```

数位等于"1"时 LOAD0为高电平 LOAD1送移位脉冲 LOAD2为高电平,送打印机选通脉冲。

数据串转并结束后,送打印机选通脉冲,通知打印机开始打印。

二、打印程序执行过程说明

当取出数据调打印子程序时，首先把打印数据存入 $52 单元;然后保护现场。

取变址寄存器 Y 为打印数据数位转换计数器,置 Y=8。

执行 $B71D～$B731程序段，检测打印机是否"忙",若

不忙则转$B733进行打印数据串转并和打印处理；若打印机“忙”则继续循环检测，等待打印不忙。若循环结束，打印机仍“忙”或不能联机，则转打印机出错处理。

当打印机联机后，令$52单元中所存的打印数据左移，根据进位C的状态，向并行数据线传送数据。当8位数据全部传送完毕时，向打印机送数据准备好信号，通知打印机开始打印。

一个数据打印完毕，恢复现场后，返回调用程序。

第九章　常见故障分析与排除

电脑学习机的故障原因千差万别、错纵复杂，即使有经验的家电维修人员，也对它有“老虎吃天”的感觉。实际上，维修电脑学习机，比修理电视机、录音机等家用电器要简单得多。因电脑学习机是数字电路结构，数字电路的特点是只有脉冲的有、无或电平的高、低两种状态。故只要掌握了数字电路的特点和电脑学习机的硬件结构，能够对电路粗分大块、细分故障范围，就能顺藤摸瓜，找到故障所在，顺利排除。

由于电脑学习机的种类繁多、电路结构各异，不可能把各种机型可能出现的故障一一列举。本章讨论的宗旨，仅在告诉大家分析、检查故障的思路和一般方法。由于学习卡一般不容易损坏，即使坏了因多数元、器件为厂家专用电路，业余条件下也无法更换，故讨论的重点将放在主机部分——游戏机的维修方面。

第一节　新机故障分析表

新机买到家，在商店里演示一切正常，回到家后死活不工作，实在令人丧气。

一般来说，新机是不会出故障的，多数情况是因用户对机器的使用操作不熟悉，线路的连接、电视机的调整或使用不当造成的。

下面以表格的形式列出新机常见故障的原因分析。

表9－1　新机常见故障分析一览表

故障现象	故障分析
不出图像	未插学习卡 学习卡插反或插偏 电源未打开 分体机的键盘未与游戏机连接 游戏机与学习机不兼容 游戏机的扩展插座未插好 扩展芯片装反(立即关机) 射频电缆线插错 电视机的频道不对
程序存取有困难	录音机不适用 转录线连接错误 转录线不通
打印机不工作	打印机不兼容 打印机电缆未连接 打印机电缆不对 打印机电源未开 未进行打印机联机操作 未执行相应的打印驱动程序
没有声像功能 或有声无像	未进入声像工作状态 转录线连接错误 录音机不适用 声像带品质太次
断电保持失效	不具备断电保持功能 卡内未装电池 电池失效
键盘不起作用	未插键盘 游戏机扩展插口不标准 标准微机键盘的开关未拨到X－边。

第二节　检修流程图

按照检修流程图，顺藤摸瓜，可在最短的时间内缩小故障范围，提高检修工作效率。

本检修流程图主要针对主机为九片的电脑学习机，单片

机也可以参考使用。

一、无图无声

无图象、无声音故障现象的检修流程如图9－1所示。

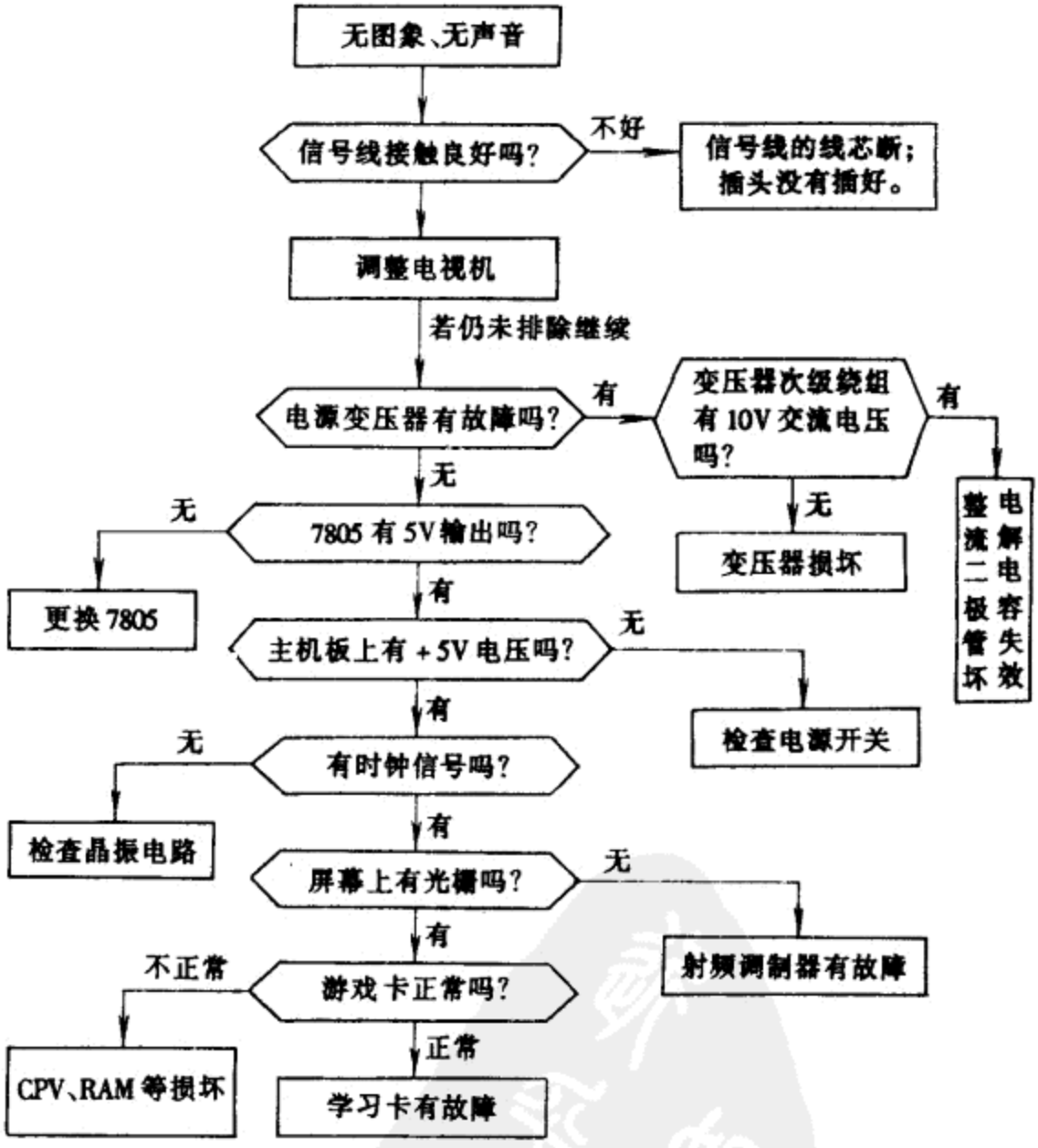


图9－1　无图、无声故障检修流程图

二、图象不稳定

图象不稳定故障现象的检修流程如图9－2所示。

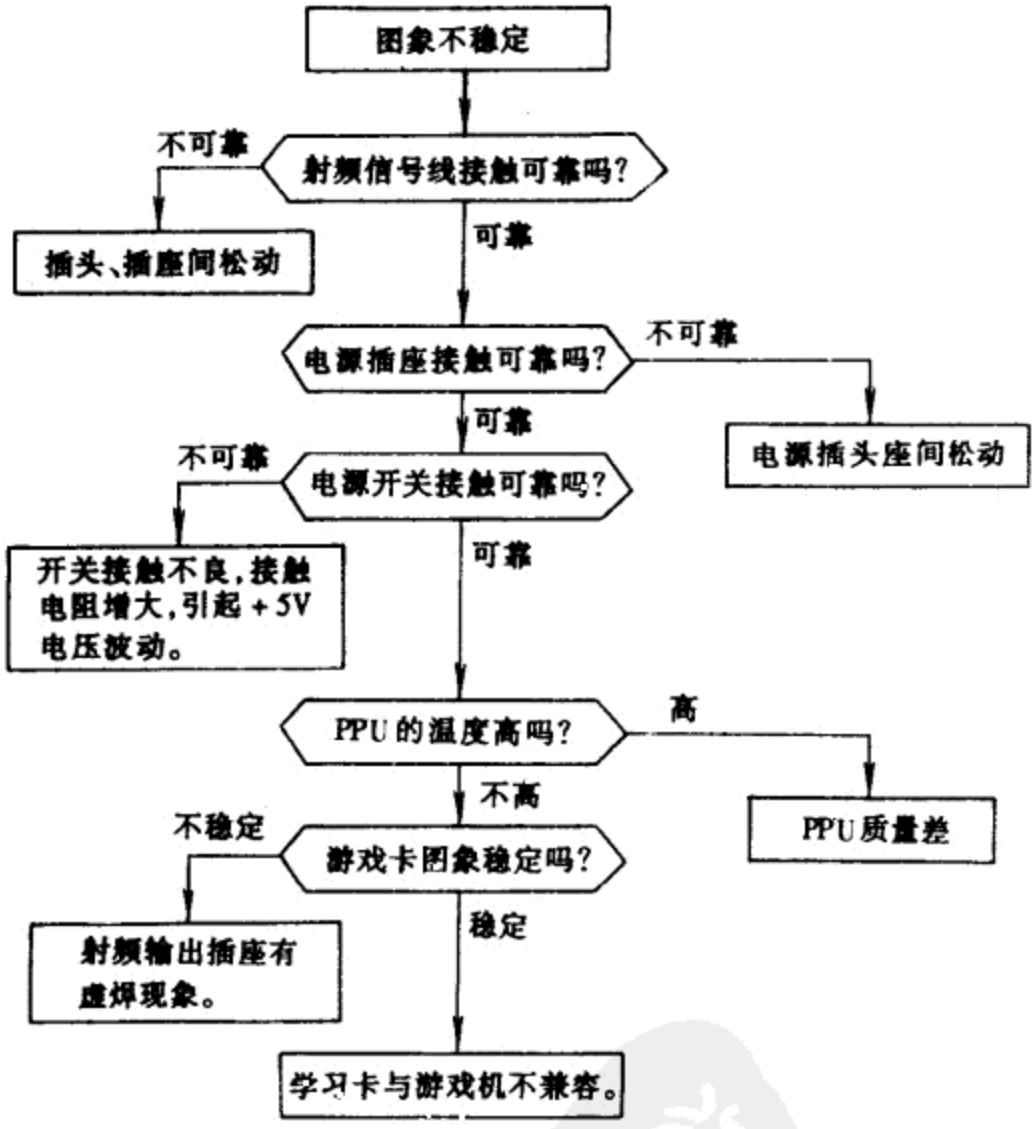


图9－2　图象不稳定故障现象检修流程图

三、无图有声

无图象、有声音故障现象的检修流程如图9－3所示。

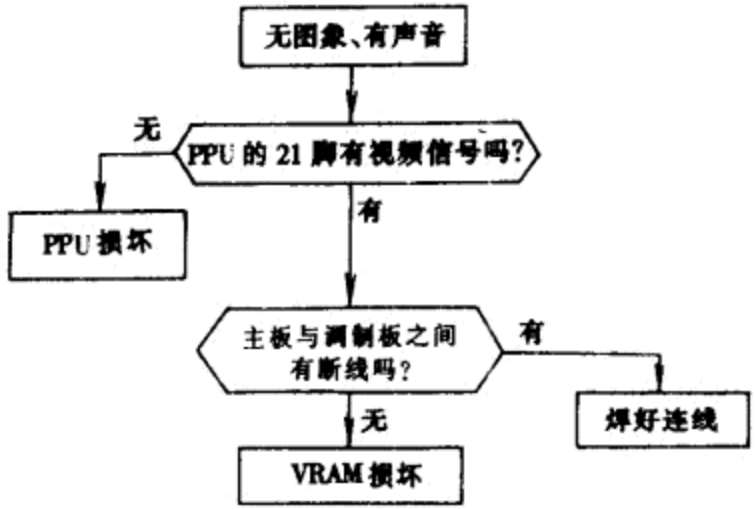


图9--3　无图象、有声音故障现象检修流程图

四、键盘控制失灵

键盘控制失灵的故障现象检修流程如图9－4所示。

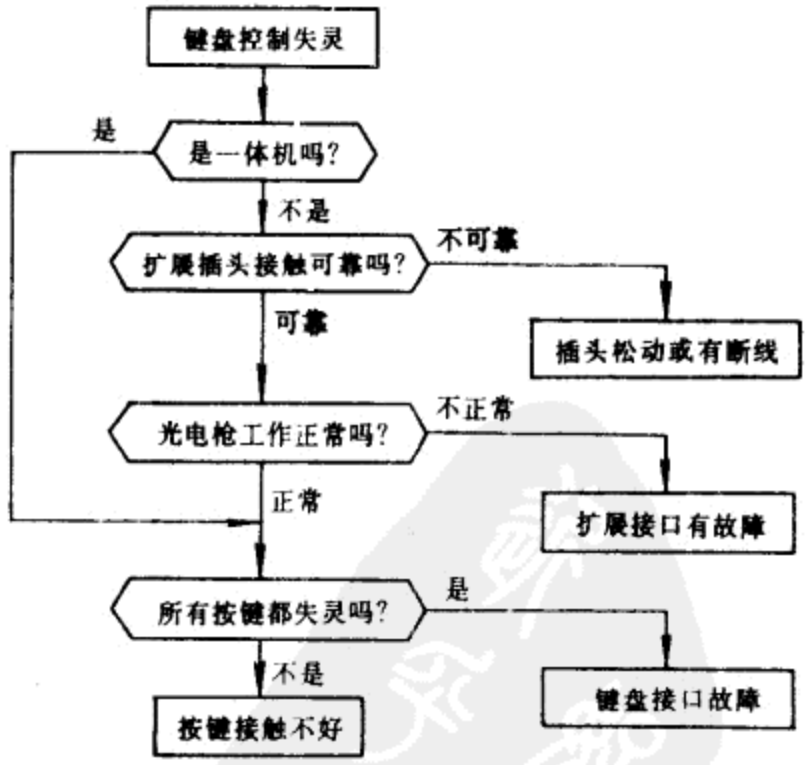


图9--4　键盘控制失灵故障现象检修流程图

五、操纵器控制失灵

操纵器控制失灵是游戏机最常见的故障，这类故障多数是导电橡胶接触不良所至，业余条件下较容易修理。对于电路部分的故障，参照流程图也能够很快排除。

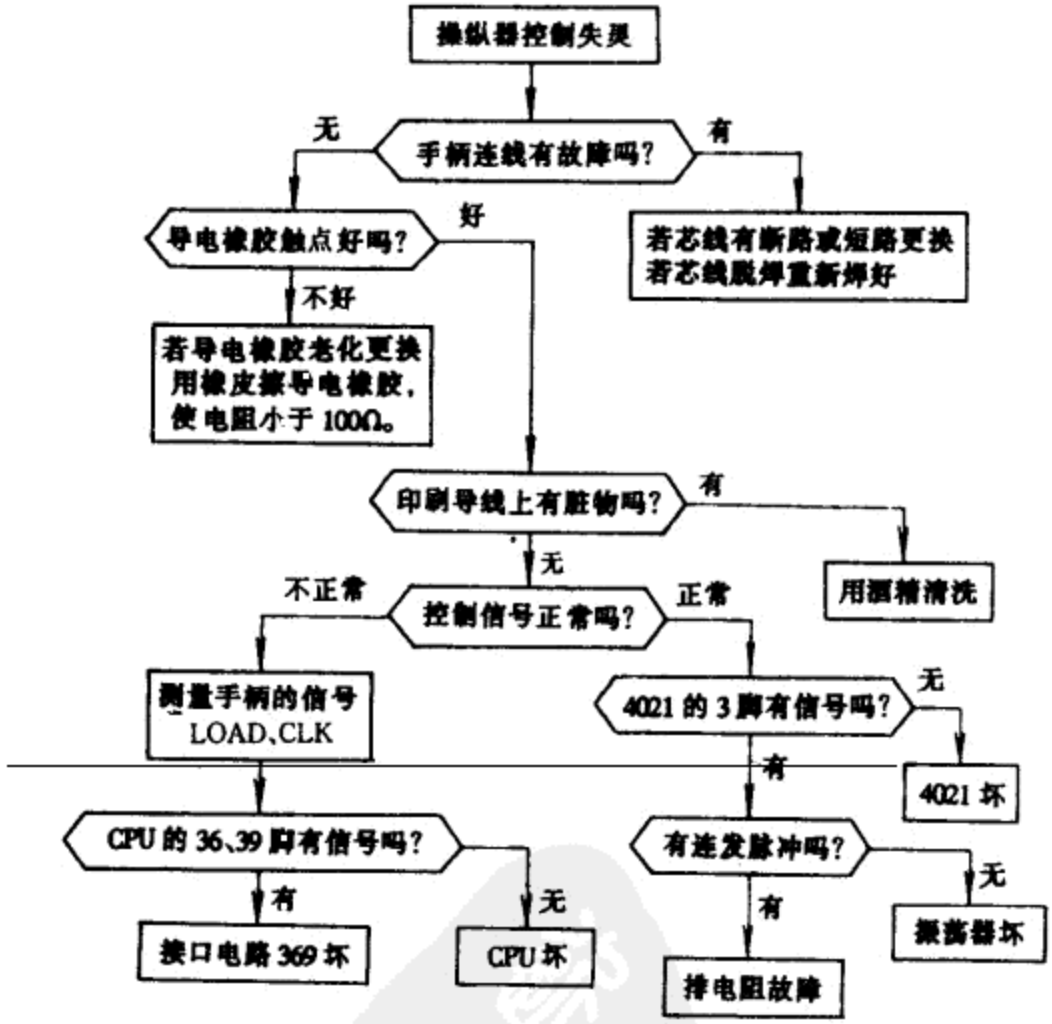


图9—5　操纵器控制失灵故障现象检修流程图

第三节　检修资料

本节将以任天堂CT－180、小天才IQ－301、IQ－501、终结者S－500TM五种型号游戏机为例，列出CPU、PPU、6116、LS373、LS139、LS368等常用集成电路的在线电阻测量值，供检修时参考。

一、中央处理器CPU

各引脚的在线电阻值见表9－2。

表9－2　CPU各引脚在线电阻值(kΩ)

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	0.2	0.2	1	1	1	1	0.2	0.2
2	0.2	0.2	1	1	1	1	0.2	0.2
3	10.5	20	7.5	23	13	23	6.7	24
4	8		5.4		11		7.3	
5	7.8		5.4		11		7.3	
6	8		5.4		11		7.3	
7	8.5		5.7		11		7.3	
8	8.5		5.7		11		7.3	
9	8.5		5.7		11		7.3	
10	8.5		5.7		11		7.3	
11	8.5		5.7		11		7.3	
12	8.5		5.7		11		7.3	
13	8.5		5.7		11		7.3	
14	8.5		5.7		11		7.3	
15	8.5		5.7		11		7.3	
16	8.5		5.7		11		7.3	

续表

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
17	4.1		5		10		7	
18	4.1		5		10		7	
19	4.1		5		10		7	
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	6.2	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
22	6.2	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
23	6.2	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
24	5.3	10	3.5	11.5	9.5	18	7.3	16
25	5.3	10	3.5	10	9.5	18	7.3	16
26	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
27	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
28	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
29	15	200	10	200	18	200	13.5	16
30	0	0	0	0	0	0	0	0
31	4.2	11.5	4.9	10.5	10	23	7	20
32	9.6	12.5	7.4	13	11	13	7	11
33	8	12.5	5.3	13	11	13	7	11
34	8		5.3		11		7.3	
35	8	11	5.5	10.5	11	21	7.3	20
36	8.5	11.5	5.5	11.5	11	24	7.3	20
37	8.5		5.5		11		7.3	
38	8.5		5.7		11		7.3	
39	8	11.5	5.7	11	11		7.3	
40	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

二、图形处理器 PPU

各引脚的在线电阻值见表9－3。

表9—3　PPU 各引脚在线电阻值(kΩ)

引脚序号	任天堂—180		小天才—301		小天才—501		终结者—500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	8		5.4		11		7.3	
2	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
3	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
4	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	16
5	5.3	10	3.6	10.2	9.5	18	7.3	16
6	5.3	10	3.6	10.2	9.5	18	7.3	16
7	5.3	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
8	6.2	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
9	6.2	10.5	4.8	11.5	11	20	7.3	16
10	7.8		5.4		11		7.3	
11	7.8		5.4		11		7.3	
12	7.8		5.4		11		7.3	
13	5.9	7.5	6.7		14		15	24
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	6.5	7.6	11		27		25	
19	8	12.5	5.4	13	11	13	7	10
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	6		4.6		1.3		8.5	
22	2.6	2.6	3	2.3	3.7	3.8	1.8	1.8
23	8.5		5.9		17		9.5	
24	8.5		5.9		17		9.5	
25	8.5	11.5	5.9	12	17	2.4	9.5	20
26	8.5		5.9		17		9.5	
27	8.5		5.9		17		9.5	
28	8.5		5.9		17		9.5	
29	9.4		5.9		17		9.5	

续表

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
30	9.4		5.9		17		9.5	
31	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
32	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
33	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
34	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
35	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
36	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
37	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
38	4.2	11	4.6		8.5	22	8	15
39	4.2		4.6		8.5		8	
40	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

三、CPU 使用的随机存储器6116

各引脚的在线电阻值见表9－4。

表9－4　CPU 的随机存储器各引脚在线电阻值(kΩ)

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	8.5		5.4		11		7.3	
2	8.5		5.4		11		7.3	
3	8.5		5.4		11		7.3	
4	8.5		5.7		11		7.3	
5	8.5		5.7		11		7.3	
6	8.9		5.7		11		7.3	
7	7.8		5.7		11		7.3	
8	7.8		5.7		11		7.3	
9	5	9.5	4.8	11.5	9.5	18	7.3	15
10	5	9.5	4.8	11.5	9.5	18	7.3	15
11	5	9.5	4.8	11.5	9.5	18	7.3	15

续表

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	5.2	9.8	3.6	10.2	9.5	18	7.5	15
14	5.2	9.8	3.6	10	9.5	18	7.5	15
15	6.2	10.5	3.4	10	11	20	7.5	15
16	6.2	10.5	3.4	9.8	11	20	7.5	15
17	6.2	10.5	3.4	10	11	20	7.5	15
18	6.2	11.5	7		15		14	24
19	8.5		5.8		11		7.3	
20	0		0	0	0	0	0	0
21	8		5.4		11		7.3	
22	8.5		5.8		11		7.3	
23	8.5		5.8		11		7.3	
24	2.6	2.5	2.9	2.3	3.5	3.5	1.8	1.8

四、PPU 使用的随机存储器6116

各引脚的在线电阻值见表9－5。

表9－5　CPU 的随机存储器各引脚在线电阻值（kΩ）

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	6.5		10		2.3		14	
2	6.5		6.4		13		14	
3	6.5		6.4		13		14	
4	6.5		6.4		13		14	
5	6.5		6.4		13		14	
6	6.5		6.4		13		14	
7	6.5		6.4		13		14	
8	6.5		6.4		13		14	

续表

引脚序号	任天堂--180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
9	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
10	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
11	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
14	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
15	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
16	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
17	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
18	9.7		10		23		14	
19	10		5.8		17		14	
20	8.5		5.8		17		9.5	
21	8.5		5.8		17		9.5	
22	8.5		5.8		17		9.5	
23	8.5		6.4		13		9.5	
24	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

五、地址信号锁存器74LS373

各引脚的在线电阻值见表9－5。

表9－5　74LS373各引脚在线电阻值（kΩ）

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者--500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6.5		6.4		13		14	
3	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
4	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
5	6.5		6.4		13		14	

续表

引脚序号	任天堂—180		小天才—301		小天才—501		终结者—500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
6	6.5		6.4		13		14	
7	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
8	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
9	6.5		6.4		13		14	
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4.2		4.6		8.5		8	
12	6.5		6.4		13		14	
13	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
14	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
15	6.5		6.4		13		14	
16	6.5		6.4		13		14	
17	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
18	4.2	10.8	4.6		8.5	22	8	15
19	6.5		6.4		13		14	
20	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

六、2—4线译码器74LS139

各引脚的在线电阻值见表9—6。

表9—6　74LS139各引脚在线电阻值（kΩ）

引脚序号	任天堂—186		小天才—301		小天才—501		终结者—500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	4.1	12	5.5		11		8.5	24
2	4.1		5		10		7.3	
3	4.1		5		10		7.3	
4	6.4	11.5	7		15		14	24
5	5.9	7.5	6.7		14		15	24
6	65.3	12	6.9		14		15	24

续表

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
7	6.3	12	7		14		15	24
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	6.4	12	6.9		14		15	24
10	6.4	12	7		14		15	24
11	4.1	12	5.5		11		15	24
12	6.4	11.5	7		14		15	24
13	4.1		5		10		7	
14	4.	11.5	5	10	10	23	7	20
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

七、总线驱动器74HC368(主操纵器)

各引脚的在线电阻值见表9－7、9－8。

表9－7　主操纵器74HC368各引脚在线电阻值（kΩ）

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才--501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	8.5	11.5	5.6	11	11	24	7.3	20
2	7	11.5	6.7	10.3	13	13	11	12
3	5	9.6	3.4	10	9.5	18	7.3	15
4	8.5	11.5	7.6	11.2	12.5	14	11	12
5	5	9.6	3.4	9.8	9.5	18	7.3	15
6	4.2	11.5	5	10.5	10	23	7	20
7	5.5	10	3.6	9.6	10	14	9	12
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5	9.5	3.4	10	9.5	18	7.3	15
10	7.7	8	7.2	8	10	10	10	10
11	5.5	10.5	3.8	10	11	18.5	10	19
12	8.5	11.5	6	12	17	24	9.5	20

续表

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
13	5.5	10.5	3.6	11.2	11	18.5	10	19
14	10	11.5	8	7.2	17	23	17	24
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

表9－8　副操纵器74HC368各引脚在线电阻值（kΩ）

引脚序号	任天堂－180		小天才－301		小天才－501		终结者－500	
	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地	黑地	红地
1	8.5	11	5.6	10.8	11	21	7.3	20
2	4.2	11.5	4.9	10.8	10	23	7	20
3	5.4	10	3.6	10.8	10	23	9	12
4	8.5	11.2	7.6	11.5	12.5	13	11	11
5	5	9.6	3.4	10	9.5	18	7.3	14
6	8.5	11.2	7.6	11	12.5	13	11	12
7	5.5	10	3.6	10	9.5	18	7.3	12
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5.4	10	3.4	10.5	9.5	18	7.3	14
10	8.5	11.2	7.6	11.5	12.5	13	11	12
11	5	9.6	3.4	10	9.5	18	7.3	14
12	8.5	11.2	7.6	11.2	12.5	13	11	12
13	5	9.6	3.4	10	9.5	18	7.3	14
14	6.7	10	6.8	10.5	12.5	13	11	12
15	8.2	11	5.6	10.5	11	21	7.3	20
16	2.6	2.5	2.9	2.1	3.5	3.5	1.8	1.8

八、常用集成电路引脚功能示意图

常用集成电路6527CPU、6528PPU、6116、74LS139、74LS368、74LS373、CD4011、CD4021、CD4069、NE555的引脚功能示意图见图9－6。

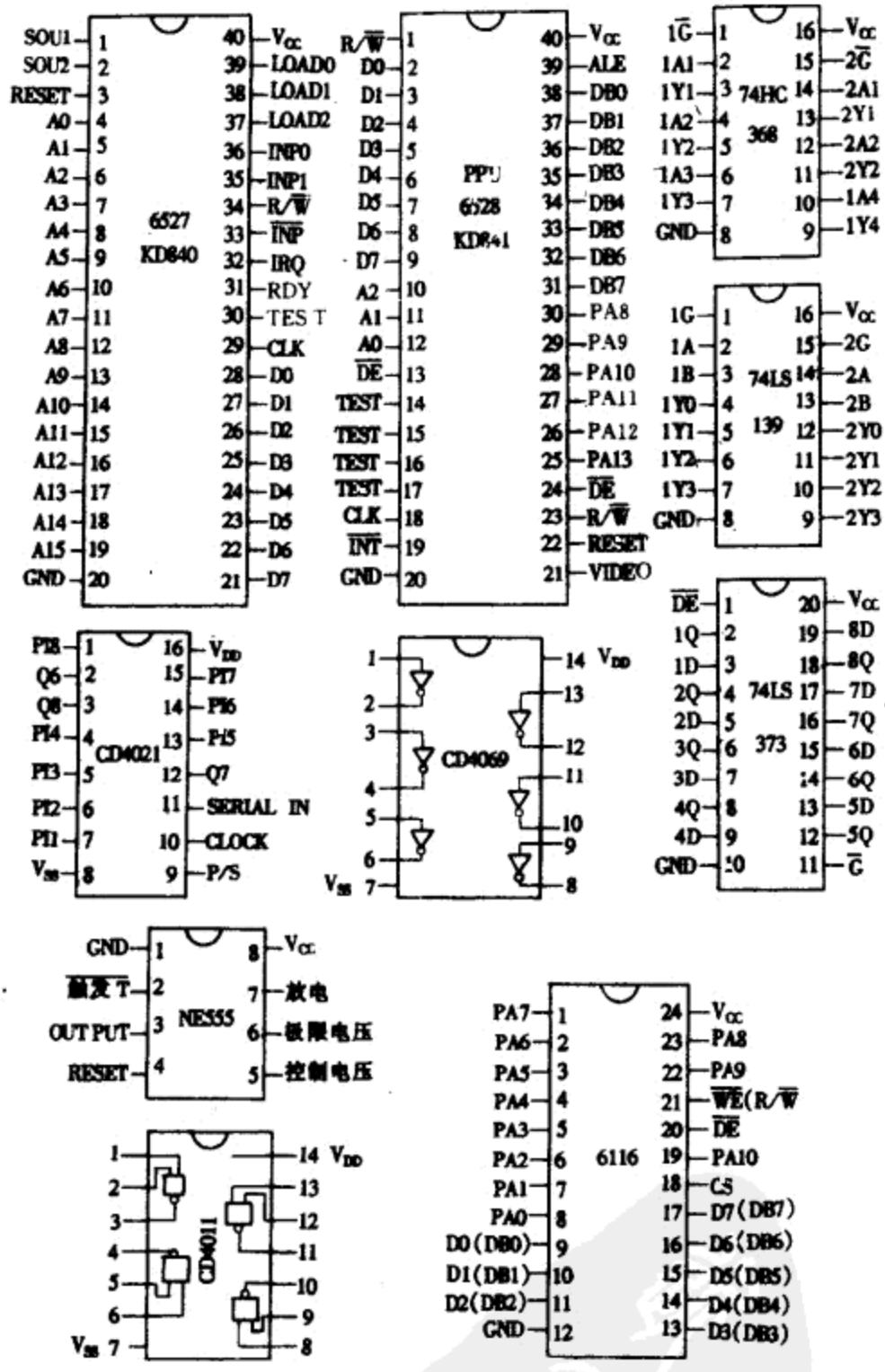


图9—6　常用集成电路引脚功能示意图

九、常用集成电路代换表

集成电路的更换，必须符合游戏机电路结构要求，对照表9－9可能使你少走弯路。

表9－9　常用集成电路代换表

型　号	功　能	代　换　型　号
6526	视频处理器	C11903，CO11903
6527AP	中央处理器	6005 P03 KD840 2A03E 6540 87007 87007P
VA6527	21M 中央处理器	6005B 2A03E TA03N KD840 6540 HH41 H27P02 GS87007
VA6527P	26M 中央处理器	6005B 0916 9041 KD840P P02 HI21 YA03NP1 MG－P－501
VA6528	NTSC 制式视频处理器	6022B 2C02 TA02N KD841 6541 2D03 H27P03 GS87008 HH23 HH25
VA6528P	PAL 制式视频处理器	P03－1 TA02NP 0615B KD841P VA6538 GS8008P HI15 MG－P－502 2D02 HI15 MG－P－505
502	视频处理器(PAL制)	6538P 6538AP 6528P P02 87008P 2D02
501	中央处理器	6527P
6116	随机存储器	GM7628－10 F3528 AM9128 MCM2016 MS8725 NMC2116 TMM2015A TMM2016A SY2128 SY2129 MPTD4016
74LS139	译码器	CT4139 HD74LS139 T74LS139 SN74LS139 DN74LS139
74LS373	锁存器	SN74LS373 HD74LS373 T74LS373
74HC368	六反相总线驱动器	CC74HC368 MC74HC368 CD74HC368 MM74HC368 SP74HC368
4021	八位移位寄存器	CC4021 DG4021B HD14021 MC14021 F4021 CD4021 TC4021
4069	六反相总线驱动器	F4069 HD14069 MC14069 C033 CD4069 TC4069 MM54C04 MM74C04
MK5060	制式转换器	NK5060 MK5060 NPAL5/6

第四节　数字电路测试笔

脉冲信号测试笔是维修数字电路必不可少的工具，本节介绍的测试笔结构简单、制作容易，可以测试电脑学习机的各种脉冲信号，既方便又实用，是业余爱好者的得力助手。

一、工作原理

测试笔的电路原理如图9－7所示。

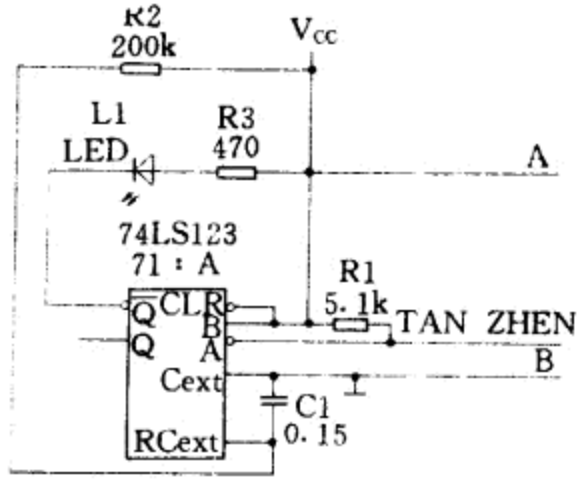


图9－7　测试笔电路原理图

74LS123是一个带有正负输入端的、可直接清除的、双路可重触发单稳态多谐振荡器，它的引脚分布见图9－8，逻辑功能对应关系见表9－2。

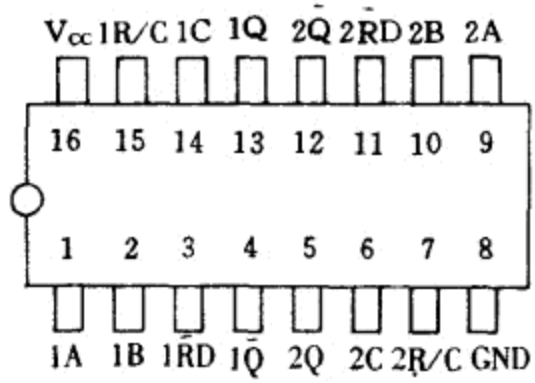


图9—8　74LS123的引脚分布图

注——15脚的"1R/C"通常表示为"1Rext/Cext"、它表示接脉冲展宽时间常数元件的阻、容端；"1C"表示为"1Cext"，表示外接电容端。"2R/C"亦然。

表9—2　74LS123的逻辑功能表

输入			输出	
$\overline{RD}$	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	×	×	L	H
×	H	×	L	H
×	×	L	L	H
H	L	↓	Ω	Ω
H	↓	H	Ω	Ω
↑	L	H	Ω	Ω

实际上，图9—7使用了123的一路振荡器组成了一个脉

冲展宽电路。被测信号通过探针输入IC的第1脚，由输入脉冲的下降沿触发，由第4脚输出低电平信号，使发光二极管LED点亮。4脚的低电平维持时间由时间常数元件R2、C决定。图中标注的参数，可使脉冲展宽到100ms。当被测脉冲的时间间隔大于100ms时，LED间歇点亮，即发生闪烁；当脉冲时间间隔小于100ms时，由于123的可重复触发性，其第4脚一直保持低电平，故LED常亮。因为现在的123使用脉冲后沿触发，所以被测脉冲宽度可以窄到纳秒数量级，脉冲间隔时间可以宽到秒数量级。

图中，R3是LED的限流电阻，控制流入123第4脚的电流小于8毫安。

二、制作方法

图9－9是测试笔的元器件安装位置分布图，图9－10是印刷电路板走线图(单面线路板)。

元器件选择：探针选用直径为0.8～1.2毫米的单芯铜导线；由A、B处引出两根多芯软导线，分别接在两个鳄鱼夹上，红色接电源正极、黑色接负极；R一律为1/8W碳膜电阻；C选玻璃釉或涤纶电容；LED选用红色高亮度发光二极管；外壳可使用高级牙刷的硬质塑料包装盒。

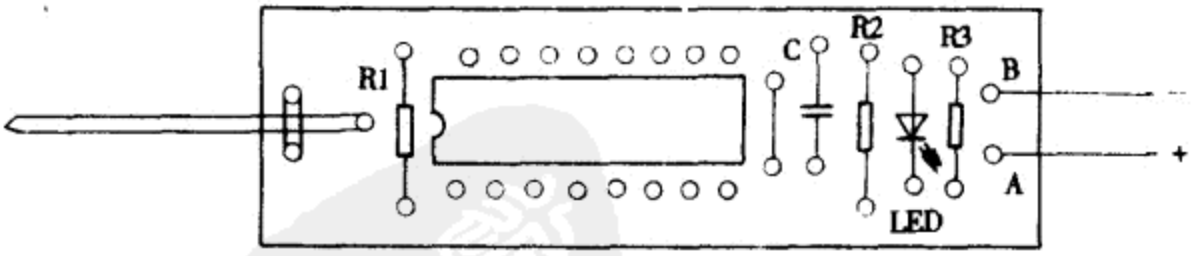


图9－9　测试笔元器件安装分布图

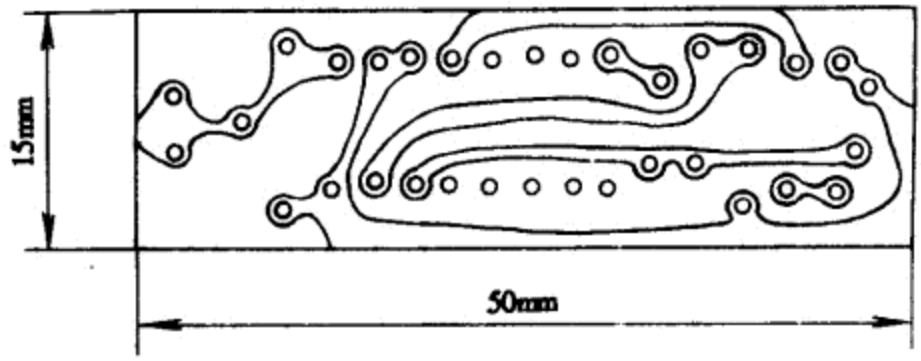


图9—10　测试笔印刷电路板图

三、测试笔的使用

使用前把红、黑两个鳄鱼夹分别接在学习机的+5V 电源和地线上，然后接通电源。

用探针接触测试点，通过 LED 的状态，判断信号是否正常。若测量数据线、地址线时，LED 应常亮；片选信号的时间间隔由程序的运行进程决定，故 LED 常亮、闪烁均为正常；由于时钟频率较高，故时钟信号线应常亮；操纵器的频率较低，测连发键，LED 闪烁为正常，其它按键应按一次 LED 亮一次；加载信号 LOAD 也是由程序运行进程决定的，故 LED 常亮或闪烁都为正常；当按复位键时，由于系统复位，各信号都为低电平，故 LED 应不亮。

第五节　主机常见故障分析与排除

本节列出几个主机故障维修的实例，供参考。

一、无图象、无声音

1. 机型

任天堂737

2. 故障现象

开机无图象、无声音。

3. 分析与检修

开机即出现无图象、无声音的故障，首先应检查主机板电源是否为+5V；若正常，继续检查时钟信号是否正常。因为时钟发生器所提供的CLK信号是CPU、PPU工作的先决条件，没有时钟信号，必然无图无声。测试CPU的29脚或PPU的18脚，发现没有时钟脉冲。检查时钟信号线路没有断路现象，故怀疑晶振有问题。换上同频晶振后，故障依旧。仔细观察发现反馈电容的引线根部有轻微裂痕，致使电容开路。由于电容开路，振荡回路得不到正反馈信号而停振，使CPU、PPU不能正常工作而无图无声。更换电容后，故障排除。

二、有图象、无声音(一)

1. 机型

小天才501

2. 故障现象

开机后有图象、无声音。

3. 分析与检修

对于图象正常、没有声音的故障，应首先测量CPU的1、2脚有无音频输出；然后测量音频放大器的输出端有无音频输出；最后测量射频调制器的音频输入端有无音频输入。实测CPU的1、2脚有音频输出，而音频放大晶体管的集电极无音频信号输出；再测其基极信号正常；故判断晶体管的集电结开路，更换一只3DG6或2SC1815等高频硅NPN三极管后，故障排除。

三、有图象、无声音(二)

1. 机型

任天堂737

2. 故障现象

同上

3. 分析与检修

业余条件下,若没有示波器,也可以用万用表的直流电压档测量判断。方法是:测量CPU1、2脚的对地电压,正常时,第1脚的对地电压在0.1～0.3V之间摆动,第2脚在1.3～1.4V之间摆动。如这两点电压正常,应继续测量音频放大晶体管的集电极电压,正常值为2.2V左右,其发射结的电压应在0.7V左右。最后再检查射频调制器。

本例的前两部分均无问题。在检查射频调制器时,发现伴音振荡线圈的磁芯已经碎裂。因磁芯碎裂,致使振荡线圈的电感量发生变化,引起振荡频率偏移,致使无声音。此故障只要更换磁芯即可。更换方法是:将屏蔽盒从线路板上焊下,清除线圈中残余的磁芯碎块,更换一大小相同的短波磁芯,通电后,仔细调整磁芯位置至声音最佳后,用高频蜡封固。

四、无图象、有声音

1. 机型

小天才501

2. 故障现象

开机后无图象,但声音正常。

3. 分析与检修

有声音说明电源没有问题。检查的重点应放在PPU的

视频信号输出端21脚至射频调制器的整个视频通道。

用示波器检查 PPU 的21脚，信号正常。继续测量视频放大器的发射极，无视频信号，判断视频放大管损坏。拆下后检查发现发射结开路。用3CG21或2SA735等高频硅 PNP 三极管代换后，故障排除。

没有示波器的情况下，可用万用表的直流电压档测量 PPU 的21脚，正常情况下应在2.1V 左右；视频放大管的基极在0.5V 左右；发射极在1.1V 左右。实测发射极为+5V，说明发射结已经开路。

五、图象、声音时有时无

1. 机型

小天才501

2. 故障现象

图象和声音同时有、同时无。

3. 分析与检修

图象、声音同步出现故障，说明故障部位在公共部分，一般应检查电源和晶振电路。

经测量电源正常，故障的焦点集中的晶振部分。由信号时有时无的现象推断，晶振部分有虚焊现象。为最快地找到虚焊元器件，把射频调制器取下，将引线加长使其远离主机，用笔杆轻敲有关元器件。当敲到振荡槽路电容时，故障变化明显，说明此元件虚焊。重新焊接后，故障排除。

六、图象不同步

1. 机型

胜天9000

2. 故障现象

开机后图象失步，无论怎样调整电视机也不能使图象同步。

3. 分析与检修

图象不同步，一般是时基信号不准所至。该机为双时基振荡电路结构。正确的配置应是：CPU 使用21.47727MHz 的晶振、PPU 使用26.601712MHz 的晶振。但该机的两块晶振都是21.47727MHz 的。由于 PPU 的时钟频率不符，导致内部分频器产生的行、场同步信号频率不对，所以致使图象不同步。更换 PPU 晶振后故障排除。

七、声音正常，图象紊乱

1. 机型

任天堂 GG828

2. 故障现象

声音正常，但有许多干扰斜线覆盖在图象上面。

3. 分析与检修

为降低成本，游戏机的射频调制器都采用了最简单的振荡电路，故图象载频的稳定性较差。载频的漂移缺陷，一般靠电视机的自动频率控制进行补偿。但输出的频率不能太高（即频道不能太高），一般在第Ⅰ、Ⅱ波段。由于图象载频的正弦波失真，产生了丰富的谐波，造成高频信号辐射严重，影响电视机的信号接收效果。因此，本例故障是因高频辐射严重造成的。解决的方法是：调整载频振荡器的工作点，增大发射极电阻的阻值、减小旁路电容的容量，以增大负反馈，降低增益，减弱射频信号强度。

八、开机正常，五分钟后无图无声

1. 机型

任天堂 GG--828

2. 故障现象

开机时图象、声音均正常，工作约五分钟后，图象、声音均消失。关机后再开机，故障重复出现。

3. 分析与检修

图象、声音短时间内正常，表明 CPU、PPU 都能正常工作(一般 CPU、PPU 同时出现故障的情况不多)，可排除它们出故障的可能性，应重点检查 CPU、PPU 的公用部分——时钟电路。

根据开机后能工作一段时间的情况判断，时钟电路已经起振，只是随着工作时间的延长，温升增高，致使电路中某些元器件的特性变坏造成停振。一般来说，晶振和振荡槽路电容影响最大。拆下槽路电容后，用高阻档测量电容阻值的同时，用电烙铁加热电容，发现电阻快速降低。说明该电容漏电大、热稳定性差。更换后故障排除。

九、开机正常，五分钟后声音正常、图象变形

1. 机型

小天才501

2. 故障现象

开机正常，约五分钟后，声音正常、图象产生拖尾、扭曲。

3. 分析与检修

反复开、关机都是在相同的时间出现故障。由声音正常可以判定，电源、时钟电路没有问题，应检查图象通道。检查

PPU、视频放大管的温升正常，先排除它们出故障的可能性，重点怀疑射频调制器。

拆开射频调制器的屏蔽盒，图象正常的维持时间延长到十分钟。说明电路中有热稳定性差的元、器件。故障原因是，因热稳定性差，产生频率漂移，致使图象失步。重新开机，用电烙铁加热有关元、器件。当加热载频振荡管时，故障加剧，拆下测量，发现该管热稳定性差，换新后故障排除。

第六节　操纵器常见故障分析与排除

无论游戏机的型号如何，操纵器的工作原理和电路结构是基本相同的，故本节讨论的问题不再局限于某种机型。

一、游戏画面失控

1. 故障现象

游戏画面不受操纵器控制，按演示程序自动进行。

2. 分析与检查

由游戏机的工作原理可知，操纵器发出的各种指令数据是以串行方式传输到 CPU 数据总线的 D0端。画面失控说明 D0端没有收到控制信号。演示程序可以执行，说明游戏机的主机没有问题。因此，应重点检查操纵器电路、控制信号的产生、传输，直到 D0区间的元、器件、接插件等部分。

(1) 检查操纵器的电源是否正常

测量操纵器 IC1的8脚与16脚的电压应在4.5～5V 之间。若电压为零则检查电源线是否断路。测量插头 J1与 IC1的16脚之间的电阻(应小于0.5Ω)，若发现断路，再从导线和焊点两方面检查。如果导线、焊点没有问题，再检查插头、插座是

否接触良好，检查插座引脚与主机焊盘之间是否有松脱现象。

(2) 检查排电阻

IC1的 P1～P8脚与 VCC 之间的上拉电阻一般使用排电阻，它是把8只10kΩ 的电阻集合封装在一起的电阻排，其逻辑电路和外形如图9－11所示。

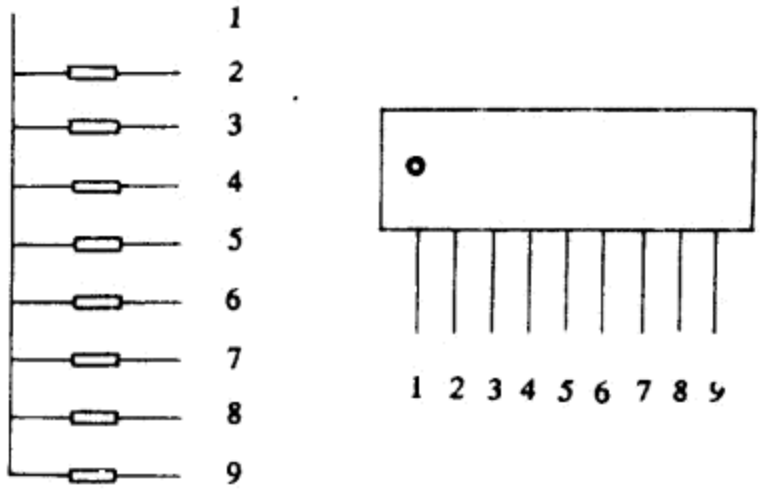


图9－11　排电阻逻辑图

在通电状态下，测量 IC1的 P1～P8引脚电压，正常时应为高电平，即4.5～5V。

在不通电的情况下，测量电阻值。首先找到公共端(即接 VCC 的一端)；然后，分别测量其它引脚与公共端之间的阻值，正常时应为7～10kΩ。除公共端外，各引脚之间的电阻约为20kΩ。

如果发现电阻排中某一电阻损坏，可把该电阻的一端剪除，另用一个1/8W、10kΩ 的电阻替代。

(3) 检查信号电缆线

在操纵器电缆线中，若插头的1＃、5＃芯线断路时，IC1将因得不到正常的电源供给而不能工作；若2＃芯线断路时，

IC1将因得不到移位脉冲而无串行信号输出；若3＃芯线断路，IC1将因得不到加载信号，使各按键的状态信号不能输入IC1中移位寄存，当然也不能产生控制信号；若4＃芯线断路时，将使IC1输出的串行数据不能传输到主机板。因此，无论哪根芯线断路，都会造成控制键失效。

找出有故障的芯线，若属脱焊、虚焊的情况将其重新焊好；若是端部断线，可把电缆线截去一段，对应焊好；若电缆线在中间断路，可把电缆线的外层绝缘沿线的顺向割一道小口，挑出断路的芯线，将其接好，再用绝缘胶布或涤纶胶带裹好。当然这些都是应急措施，最好的方法是更换新电缆。

（4）检查IC1

当IC1的外围元件均无问题后，应怀疑IC1有问题。这时可用万用表测量IC1各引脚的电压值。首先测量IC1的3脚，因按下任意键该脚都应有脉冲信号输出。若无输出可以判断IC1损坏，换新即可。

表9－3给出IC1各脚的参考电压值。注意在测量3、9、10脚时，因有输出脉冲信号，测量的电压值是不稳定的。

表9－3　4021在路电压参考汇总表

引脚	电压值	引脚	电压值
1	5V	9	4·7V
2	19mV	10	5V
3	198mV	11	0
4	5V	12	21mV
5	5V	13	5V
6	5V	14	5V
7	5V	15	5V
8	0	16	5V

二、游戏节目不能启动

1. 故障现象

出现游戏标题画面后，按 START 键不能启动节目，有时拔插主操纵器的插头可以启动节目。节目启动后，可以正常游戏。

2. 分析与检查

节目不能启动而其它键正常，说明 START 键控制回路有问题，应从以下几方面入手。

(1) 检查导电橡胶

导电橡胶损坏一般有两种情况：一是老化变形；二是接触电阻变大。老化的导电橡胶应该换新；接触电阻大往往是因触点表面太脏或磨光所致。可用万用表的两表笔同时接触导电橡胶的两个部位，电阻值不能大于100Ω。电阻值过大时，切记不要用酒精清洗(那样可能洗去表面的导电颗粒)，应用小学生用的橡皮擦除。擦到电阻值小于100Ω即可。

(2) 检查印刷导线

操纵器电路板上各按键的开关触点，是由复铜板腐蚀后镀金而成的。由于使用时间长或使用环境恶劣，触点上积下了污垢，使接触电阻增大，影响按键时电路的接通。这时，可以使用酒精轻轻擦洗或用橡皮擦除，使其恢复光亮。但切忌用小刀或其它坚硬物体硬刮，那样极易破坏镀层。因镀金层极薄，一旦破坏漏出铜箔，将更容易氧化，致使接触不良。

另一种情况是两个触点上无电。正常时，应该一端为0V、一端为 VCC 的+5V。若不正常，应依次检查电路板上的铜箔是否有断裂等故障。

(3) 检查 IC1

正常时，IC1的13脚电压应接近 VCC 值。按下 START 键后，应变为0。若电压不正常而电阻正常，则应考虑 IC1局部损坏。

只要电源供电正常，而13脚电压不正常，一般可以判定 IC1损坏。

三、节目不能选择

1. 故障现象

合卡节目不能选择，开机或复位后，自动进入菜单的第一个节目。

2. 分析与检查

当游戏机接通电源或按下复位键后，系统将进入初始状态。这时，CPU 将自动从复位矢量 $FFFC、$FFFD 单元指出的地址开始运行程序。在合卡节目中，CPU 将首先查询节目选择控制信号，等待按 START 键，选定节目。一般节目选择信号在前，开始信号在后。若出现节目不待选择而自动进入游戏画面的故障时，表明选择信号没有正确产生或传输，也可能被其它信号“抢先”屏蔽(如 START 按键连键等)。这种故障一般按上例介绍的方法即可排除。

四、方向键失灵

1. 故障现象

操纵方向键时，屏幕上的角色不动作。

2. 分析与检查

对于操纵方面的故障，一般可从以下两方面进行检查。

(1) 检查导电橡胶以及对应的印刷电路板触点是否良好，方法与例二的方法相同。

(2)检查方向键的凸台是否已经磨损。方向键有四个方向,对应四个导电橡胶、四个凸台和四组触点。如果凸台磨损,即使按下方向键,导电橡胶也不会与线路板触点接触,也就不能产生控制信号。这时,可更换方向键的导电橡胶或用粘接方式修复凸台。

五、连发操作失灵

1. 故障现象

操纵器功能按键 A、B 只有单发动作,连发动作不能控制。

2. 分析与检查

连发动作是由操纵器内 IC2和 R、C 组成的多谐振荡器产生的脉冲控制的。对老式操纵器需要把连发开关拨至"▲▲"或"▲▲▲"档,新式操纵器则由操纵器右上方的 A、B 键直接把连发脉冲送入 IC1控制连发。当按下 A 或 B 键时,控制脉冲便送到 IC1的1脚或15脚,相当于连续地操作单步动作按键。如果连发控制脉冲不能传送到 IC1,自然不能控制连发动作。因此,准确判断连发脉冲是否送到 IC1是解决问题的关键。判断方法是:分别按 A、B 连发键,检查控制脉冲是否加到 IC1的1、15脚。若没有连发控制信号,在排除了按键接触故障后,问题就在振荡信号产生部分。若连发信号传到了 IC1,而不能控制连发动作,则说明 IC1有部分损坏,换新器件即可排除。

电脑学习机上机指导系列丛书

1. 操作入门
2. 文字处理
3. 游戏BASIC语言
4. 中文BASIC语言
5. LOGO语言
6. 汇编语言
7. 电脑作曲
8. 电脑绘图
9. BASIC语言程序集
10. 硬件与维修

ISBN 7-5053-3535-9

9 787505 335356 >

PHEI

责任编辑：施玉希

封面设计：阎欢兵

ISBN7-5053-3535-9/TP·1430 定价：8.50 元